



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

OLLI PIHLAJAVAARA  
DSL-6 -LAITTEEN MITTAUSTIEDON JA LIIKENTEEN AUTO-  
MAATTISEN MITTAUSTIEDON LAATU SEKÄ MOOTTORIPYÖRÄ-  
LASKENTAVERKON MÄÄRITTELY

Diplomityö

Tarkastajat: Assistant Professor  
Heikki Liimatainen, Dosentti Nina  
Karasmaa  
Tarkastajat ja aihe hyväksytty  
Talouden ja rakentamisen tiedekun-  
nan tiedekuntaneuvoston kokouk-  
sessa 30. lokakuuta 2017

## TIIVISTELMÄ

**OLLI PIHLAJAVAARA:** DSL-6 -laitteen mittaustiedon ja liikenteen automaattisen mittaustiedon laatu sekä moottoripyörälaskentaverkon määrittely

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 93 sivua, 7 liitesivua

Joulukuu 2017

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät

Tarkastajat: Assistant Professor Heikki Liimatainen, Dosentti Nina Karasmaa

**Avainsanat:** Liikenteen automaattinen mittaus, DSL-6 -liikennelaskentalaite, laskentaverkko, moottoripyörä

Tämän tutkimuksen tavoitteina oli selvittää DSL-6 -liikennelaskentalaaitteen mittaustiedon laatu, arvioida liikenteen automaattisen mittaustiedon laatua virhemääriin perustuen sekä määrittää moottoripyörien laskentaan soveltuva kiinteä laskentapisteverkko päätieverkolle. Työssä on lisäksi käsitelty Suomessa käytössä olevaa liikenteen automaattisten mittauspisteiden verkkoa: sen muodostamisen historiaa, nykytilaa, automaattisilla mittauspisteillä käytössä olevien laskentalaitteiden tekniikkaa ja taustalla toimivaa tietojärjestelmää.

DSL-6 -laskentalaaitteen mittaustiedon laatua selvitettiin tekemällä videotarkasteluja liikenteen automaattisilla mittauspisteillä, joilla on jo asennettuna DSL-6 -laite. Videotarkastelujen perusteella pisteille laskettiin eri ajoneuvoluokkien havaitsemiseen pohjautuvat tunnusluvut, jotka kuvaavat laskentalaaitteen mittaustiedon laatua. Näitä tietoja vertailtiin aikaisempiin DSL -laitteiden mittaustiedon laatutarkasteluihin. Tulosten perusteella uusi DSL-6 -laite havaitsi ajoneuvot kokonaisuudessaan hyvin, mutta ajoneuvoluokittelussa oli toivomisen varaa. Erityinen mielenkiinto tarkasteluissa liittyi DSL-6 -laitteen kykyyn havaita moottoripyöriä. Niistä laite havaitsi n. 50–80%, eräällä pisteellä alle 30%.

Liikenteen automaattisen mittaustiedon laatua arvioitiin virhemäärätarkasteluin. Tavoitteena oli selvittää, pitäisikö joillekin nykyisistä automaattisista laskentapisteteistä vaihtaa virhemäärien perusteella laskentalaite. Tutkimusprojektin aluksi tarkoituksena oli ainoastaan laskea pistekohtaisia virheelliseksi merkittävien ajoneuvohavaintojen osuuksia, mutta tutkimuksen edetessä päätettiin tehdä tilastollisia analyysejä ongelman ymmärtämisen syventämiseksi. Virhemääriin liittyen selvitettiin videotarkastelun avulla, mikä aiheuttaa ajoneuvohavaintojen virheelliseksi merkitsemistä ja vaikuttaako laskentalaaitteen vaihto virhemääriin. Virhemääriin liittyen annetaan myös ehdotus korjattavista laskentapisteteistä.

Moottoripyörien laskentaan soveltuvan kiinteän laskentapisteverkon muodostamiseksi käytiin läpi aihealueeseen liittyviä tutkimuksia. Selvityksen myötä kansainvälisistä tutkimuksista ei löytynyt tavoite- ja lähtötietoeroavaisuuksista johtuen tilanteeseen soveltuvaa verkon muodostamistapaa, joten ehdotus pohjautuu alkuperäisen liikenteen automaattisen mittauspisteverkon muodostamistapaan.

## ABSTRACT

**OLLI PIHLAJAVAARA:** The quality of the measurement data of DSL-6 device and the quality of the automatic traffic measurement data and the determining of a motorcycle counting network

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 93 pages, 7 Appendix pages

December 2017

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Traffic and Transportation Systems

Examiners: Assistant Professor Heikki Liimatainen, Docent Nina Karasmaa

**Keywords:** automatic traffic measurement, DSL-6 traffic measurement device, counting network, motorcycle

The objectives of this research were to determine the quality of the measurement data of DSL-6 traffic measurement device, evaluate the quality of the automatic traffic measurement data based on the faulty-marked vehicle detections and determine a motorcycle counting network for the main road network. Moreover, in this thesis the automatic traffic measurement network in Finland has been dealt with: its history, current state, the technology of the devices used on automatic measurement locations and the information-system on the background.

The quality of the measurement data of DSL-6 device was researched using video-analysis. Analyses were made on the automatic measurement locations with DSL-6 device already installed. Based on the video-analyses, the quality related figures for the devices were calculated. These figures were compared to the quality figures of the earlier DSL device models. According to the results the DSL-6 device was quite accurate on detecting all the vehicles, but the vehicle classification accuracy wasn't as good as expected. A special interest was on the detection of motorcycles, of which the device detected 50–80%, on one location the result was 30%.

The quality of the automatic traffic measurement data was evaluated based on the faulty-marked vehicle detections. The objective was to determine if the measurement devices on some of the measurement locations should be changed due to the faulty rate. Statistical analyses were made to understand the faulty problem better. The causing factors of the faulty marked vehicle detections were determined using video-analysis. Whether the change of device affects the faulty rate was also researched. A suggestion of the measurement locations to be repaired is given based on the faulty marked vehicle detection rates.

To determine a motorcycle counting network researches dealing with the subject were read up on. Due to the differences in the objectives and the source information requirements in the earlier researches compared to the needs of this research, a suitable way to determine the counting network could not be found. The suggestion given in this research is based on the method which was used to determine the original automatic traffic measurement network.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Liikenneviraston tilaamana. Tarkoituksena oli selvittää osalla liikenteen automaattisista mittauspisteistä jo käytössä olevan DSL-6 -laskentalaitteen mittaustiedon laatua, erityisenä mielenkiinnon kohteena oli sen kyky havaita moottoripyöriä. Diplomityössä on lisäksi käsitelty nykyisten LAM-pisteiden mittaustiedon laatua virheelliseksi merkittävien ajoneuvohavaintojen näkökulmasta ja annettu esitys siitä, mitkä pisteet saattaisivat vaatia korjaustoimenpiteitä virhemäärien perusteella. Lopuksi annetaan esitys siitä, mihin moottoripyörien havainnointiin kykeneviä laskentalaitteita kannattaisi sijoitella päätieverkolla, jotta moottoripyörien liikennemääriä, liikennesuoritteita ja nopeustasoja saataisiin tilastoitua.

Aloitin diplomityöni tekemisen joulukuussa 2016 ja alkuvuosi 2017 kului aihealueeseen perehtymisen sekä tutkimuksen ensimmäisen version kirjoittamisen parissa. Sopivana vastapainona tutkimuksen tekemiselle, myös esimerkiksi yleisen liikennelaskennan laitetestaukset ja asennustyöt työllistivät kevään mittaan. Alkuun pääseminen osoittautui etenkin moottoripyörälaskentaverkon muodostamisen osalta hyvin haasteelliseksi, mutta sain kesän alkuun mennessä koottua kasaan ensimmäisen lukuversion. Kesän edetessä korjasin tutkimustani, tein samalla siihen liittyviä DSL-6 -laitteen laatutarkasteluita ja työskentelin yleisen liikennelaskennan parissa. Marraskuussa 2017 sain viimein saatettua tämän tutkimuksen lopulliseen muotoonsa.

Diplomityötäni ovat ohjanneet Tampereen teknillisestä yliopistosta Assistant Professor Heikki Liimatainen sekä Dosentti Nina Karasmaa. Työtä ovat ohjanneet myös Kati Kiiskilä Sito Oy:stä ja alikonsulttina Kimmo Saastamoinen Riksroad Oy:stä. Katia ja Kimmoa haluan kiittää erittäin suuresti koko projektin ajan kestäneestä asiantuntevasta ohjauksesta. Yliopiston puolen ohjaajia tahdon puolestaan kiittää projektin loppupuolen ohjauksesta, josta oli apua etenkin dokumentin lopullisen muodon ja sisällön hiomisessa.

Haluan mainita kiitokset myös työtovereilleni, joista oli erittäin paljon apua DSL-6 -laitteen laatutarkasteluihin liittyvien videointien tekemisessä. Viimeisenä vielä kiitoksen sana avopuolisolleni Ellalle, joka jaksoi tukea ja kannustaa minua etenkin projektin alkupuolella.

Tampereella, 22.11.2017

Olli Pihlajavaara

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	7
1.1	Mitä moottoripyöräilystä tiedetään?.....	9
1.2	Mihin tietoa moottoripyöräilyn määrästä tarvitaan?.....	14
1.2.1	Melumallinnus .....	14
1.2.2	Liikenneturvallisuus.....	14
1.2.3	Päästömalli .....	15
2.	LIIKENTEEN AUTOMAATTINEN MITTAUS JA LASKENTAPISTEVERKKO 17	
2.1	LAM-pisteverkko .....	17
2.2	Sähkömagneettiseen induktioon perustuvat laskentalaitteet .....	20
2.3	DSL-laitteet .....	22
2.4	LAM-järjestelmä .....	25
2.5	Aiemmat LAM-laaturastastelut ja laskentatiedon laatu .....	26
2.6	Laatupuutteiden mahdollisia syitä.....	30
2.7	Muut moottoripyöriä havaitsevat laskentalaitteet .....	31
2.8	Laskentapisteverkon muodostaminen .....	32
3.	KÄYTETTYJEN MENETELMIEN ARVIOINTI.....	34
3.1	Virhemäärätarkastelut ja -analyysit.....	34
3.2	DSL-6 -laitteen mittaustiedon laatu .....	35
3.3	Moottoripyörälaskentaverkko .....	35
4.	VIRHEMÄÄRÄTARKASTELUT JA -ANALYYSIT NYKYISELLÄ LAM- VERKOLLA .....	37
4.1	Mitä virheellisiksi merkittävät ajoneuvohavainnot ovat? .....	37
4.2	Pistekohtaiset faulty-tarkastelut .....	38
4.3	Kaikkia LAM-pisteitä koskevat faulty-analyysit .....	43
4.4	Tulokset ja johtopäätökset.....	49
5.	DSL-6 -LAITTEEN MITTAUSTIEDON LAATU .....	52
5.1	Yleistä.....	52
5.2	Videointien suunnittelu .....	53
5.3	Videointien toteutus ja tietojen käsittely .....	54
5.4	Tulokset ja johtopäätökset.....	59
6.	MOOTTORIPYÖRÄLASKENTAVERKKO .....	72
6.1	Arvio suoritteesta .....	72
6.2	Kausivaihtelu.....	75
6.3	Laskentaverkon määrittely .....	77
6.3.1	Rajaus 1 .....	78
6.3.2	Rajaus 2.....	79
6.3.3	Rajaus 3.....	80
6.4	Päätelmät ja ehdotus.....	82
7.	YHTEENVETO .....	87

LÄHTEET .....	90
---------------	----

LIITE A: Virhemäärätarkastelujen ja –analyysien SPSS-tulosteet

LIITE B: Moottoripyörälaskentaverkon ehdotuksen homogeeniset välit

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

Faulty-arvo	LAM-raakadataan virheelliseksi merkittävä ajoneuvohavainto, jonka virheellisyys on päätelty puhtaasti havaintoon liittyvistä tiedoista, kuten esimerkiksi epäloogisesta nopeusarvosta.
Homogeeninen väli	Maantieverkon osa, jolla liikenteen oletetaan pysyvän keskimäärin vakiona.
LAM-piste	Liikenteen automaattisen mittauksen piste. Koostuu ajokaistoille pareittain asennetuista induktiosilmukoista ja tiedonkeruuyksiköistä. Ts. LAM-asema.
LAM-laite	LAM-pisteen tiedonkeruuyksikkö. Tällä hetkellä Suomen tieverkolla on käytössä DSL-3, DSL-4, DSL-5 ja DSL-6 -laitteita.
LAM-järjestelmä	Koostuu LAM-pisteistä sekä niihin liittyvästä tiedonkäsittelyjärjestelmästä.
LOTJU	Lyhenne sanoista ”liikenteen olosuhdetietojen tietojenkäsittelyjärjestelmien (myös sanamuotoa ”tietojärjestelmien” on käytetty) uudistaminen”. Liikenteen automaattisen mittauksen osalta LOTJU liittyy LAM-asemien tiedonkeruuseen.
Tiira	Liikenneviraston tienpitoon liittyvä raportointijärjestelmä, jonka kautta tarjotaan tietoa tiestöstä, onnettomuuksista, silloista, päällysteen kunnosta ja liikenteestä. Tiiran SA-alue toimii rajapintalatauksen ”välivarastona”, DW tarkoittaa tietovarastoa ja DM raporttikan- taa.
VbV-tarkkuus	Luku, joka kuvaa laskentalaitteen tiettyyn ajoneuvoluokkaan oikein luokittelemien ajoneuvohavaintojen ja kyseisen ajoneuvoluokan todellisten havaintojen suhdetta. Lyhenne Vbv tulee sanoista vehicle-by-vehicle.

# 1. JOHDANTO

Tässä diplomityössä käsitellään kiinteisiin laskentapisteisiin pohjautuvaa liikennelaskentaa. Suomessa tämä tarkoittaa liikenteen automaattisilla mittauspisteillä eli LAM-pisteillä tehtävää laskentaa, joka on osa Suomen liikennelaskentajärjestelmää. Erityisesti kiinnostuksen kohteena on moottoripyörien laskenta. Työ jakautuu neljään pääosioon: teoriaan, LAM-laskentatiedon virhemäärä- ja laatutarkasteluun, laskentalaitteiden testaukseen ja moottoripyörien laskentaverkon määrittelyyn.

Tutkimus on tehty Liikenneviraston tilaamana ja työn toimeksiannon ensimmäisenä osana oli DSL-6 -laskentalaitteen mittaaman ajoneuvoluokittelun laadun selvittäminen. Laatu oli määrä selvittää mitattujen ajoneuvojen kokonaismäärien ja ajoneuvoluokittelun osalta. Tuloksia oli määritetty verrattavan aiempiin DSL-laitteiden laatutarkasteluihin. Erityisesti tehtävänannossa oli nostettu esiin laitteen kyky havaita moottoripyöriä. Johdannossa myöhemmin listattavista tutkimuskysymyksistä ensimmäinen liittyy toimeksiannon tähän osaan.

Toimeksiantona oli lisäksi määrittää se, mihin DSL-6 -laitteita tai muita mittaustarkkuudeltaan parempia laskentalaitteita tulisi sijoitella, jotta niiden perusteella saataisiin tilastoitua moottoripyörien liikennemääriä, suoritteita ja nopeustasoja. Tieverkko oli rajattu käsittämään päätiät, eli valta- ja kantatiet. Sitä, mikä mainittu ”laskentatarkkuudeltaan parempi laskentalaitte” olisi, ei ole tehtävänannossa määritetty selvittävän, vaikka vertailun vuoksi kansainvälisistä lähteistä onkin pyritty löytämään tietoja muiden laskentalaitteiden kyvystä havaita moottoripyöriä. Toinen tutkimuskysymys on muodostettu tältä pohjalta.

Toimeksiannossa on edellä mainittujen asioiden lisäksi määritetty nykyisillä LAM-pisteillä tehtävän niin sanottuja virhemäärätarkasteluja. Niiden tarkoituksena oli selvittää hylätyiksi merkittävien ajoneuvohavaintojen määriä ja siten uuden laskentalaitteen tai pisteen korjaamisen tarvetta. Kolmas tutkimuskysymys liittyy virhemäärätarkasteluihin.

Tutkimuksen toimeksiantona olleiden kolmen osakokonaisuuden pohjalta on määritetty viisi tutkimuskysymystä. Aiemmin mainitut kolme tutkimuskysymystä on muodostettu suoraan toimeksiannon perusteella ja kaksi liittyy aihealueen taustoittamiseen. Kahteen viimeiseen tutkimuskysymykseen vastaamalla pyritään selvittämään, miksi moottoripyörien laskenta on tarpeen ja miten se on teknisesti mahdollista. Laskentalaitteiden tekninen puoli on rajattu käsittämään pääasiassa sähkömagneettiseen induktioon perustuvat laitteet, koska työn toimeksiannossa ei ole määritetty selvittävän muiden tekniikoiden soveltuvuutta moottoripyörien havaitsemiseen ja koska liikenteen automaattisilla mittauspisteillä on käytössä sähkömagneettiseen induktioon perustuvia laskentalaitteita.



Työtä on taustoitettu myös esittelemällä Suomessa käytössä olevaa liikenteen automaattisten mittauspisteiden verkkoa. Tutkimuskysymykset ovat:

- Miten laskentalaitteen toimivuutta voidaan arvioida?
- Mihin moottoripyörienkin havaitsemiseen kykenevät, entisiä tarkemmat laskentalaitteet tulisi sijoitella ja millä perusteella?
- Voidaanko virheellisiksi merkittyjen ajoneuvohavaintojen perusteella päätellä jotakin nykyisen LAM-verkon toimivuudesta ja laskentatiedon laadusta?
- Miksi moottoripyörien laskeminen on tarpeen ja miten se on teknisesti mahdollista?
- Miten liikenteen automaattisten mittauspisteiden verkko toimii ja mitä osa-alueita siihen kuuluu?

Aihepiiriä taustoittava teoria on koottu lukuun 2, minkä lisäksi luvussa 1 käsitellään johdannon omaisesti sitä, millaista moottoripyöräily Suomessa on ja mihin moottoripyörien laskentatietoa tarvitaan. Teoriaosassa esitellään liikenteen automaattista mittausta Suomessa, käydään läpi sähkömagneettiseen induktioon perustuvien laskentalaitteiden toimintaperiaate ja esitellään kyseiseen tekniikkaan perustuvia LAM-pisteillä käytössä olevia DSL-laitteita. Lisäksi käsitellään aiempiin LAM-laaturasteluihin sekä laskentatiedon laatuun liittyvää teoriaa sekä sitä, miten eräät muut laskentalaitteet kykenevät havaitsemaan moottoripyöriä. Luvun 2 lopussa on esitelty laskentapisteen sijoitteluun liittyviä tutkimuksia.

Luvussa 3 käsitellään tutkimuksessa käytettyjä menetelmiä. Käytetyt menetelmät esitellään tarkemmin vasta kunkin käsiteltävän aihealueen tulosten yhteydessä, mutta luvussa 3 pyritään esittelemään sitä, miksi käytettyihin menetelmiin on päädytty ja lisäksi on pohdittu mahdollisten vaihtoehtoisten tutkimusmenetelmien käyttämättä jättämisten syitä.

Luvussa 4 on käsitelty nykyisen LAM-pisteverkon virhemääriin liittyviä asioita. Luvussa on analysoitu määrällisen tutkimuksen keinoin nykyisen LAM-pisteverkon laskentatietoihin liittyviä virhemääriä pyrkimyksenä löytää virhemäärien ja pisteiden eri ominaisuuksien, kuten ajokaistojen määrien, välisiä yhteyksiä. Luvussa on myös esitetty, mitä virheelliseksi merkittävät ajoneuvohavainnot vaikuttaisivat olevan ja selvitetty esimerkiksi sitä, vaikuttaako laskentalaitteen vaihto virhemääriin. Lopuksi on annettu virhemääriin pohjautuva ehdotus korjattavista LAM-pisteistä.

DSL-6 -laskentalaitteen mittaustiedon laatua on käsitelty luvussa 5. Luvussa esitellään laitteen laaturastelussa käytetty menetelmä sekä laaturastelujen suunnittelu ja toteutus. Tuloksena annetaan arvio siitä, kuinka DSL-6 -laite toimii verrattuna vanhempiin DSL-malleihin. DSL-6 -laitteen erityispiirteinä on kyky havaita moottoripyöriä ja eräs oleellinen tulos on se, kuinka hyvin laite niitä todellisuudessa vaikutti havaitsevan.

Luvussa 6 annetaan ehdotus moottoripyörien havainnointiin kykenevien kiinteiden laskentalaitteiden sijoittelusta. Tavoitteena oli muodostaa moottoripyöräilyn liikennemäärien, suoritteen ja nopeustasojen tilastoinnin mahdollistava laskentaverkko Suomen päätieverkolle. Ehdotuksessa on pyritty huomioimaan luvussa 4 annettu virhemääriin perustuva ehdotus korjattavista LAM-pisteistä. Lisäksi luvussa 6 on esitetty arviot moottoripyöräilyn ajoneuvosuoritteesta ja moottoripyöräilyn kausivaihtelusta.

## **1.1 Mitä moottoripyöräilystä tiedetään?**

Johdannon tässä alaluvussa pyritään kuvailemaan, millaista moottoripyöräily Suomessa on ja mitä siitä tiedetään. Myös sitä, miten moottoripyöräily eroaa muusta ajoneuvoliikenteestä esimerkiksi kausiluonteisuuden osalta, on pyritty perustelemaan. Johdannon loppuun käydään läpi sitä, mihin tietoja moottoripyöräilyn määristä tarvitaan.

Rekisterissä ja liikennekäytössä olevien moottoripyörien määrät ja sijainnit maakunnittain löytyvät Trafín (2016a) ajoneuvokannasta. Nämä tiedot on koottu taulukkoon 1. Vertailuarvoksi on otettu vastaavat lukemat henkilöautoista siten, että luvanvaraiset ja yritysten omistamat autot on jätetty pois. Tämä siitä syystä, että niiden käyttö ja omistus poikkeaa selkeästi siitä, millaista se on moottoripyörien kohdalla. Myöskään pakettiautoja ei ole sisällytetty taulukkoon, vaikka niitä käytetäänkin osin samoissa tarkoituksissa kuin henkilöautoja.

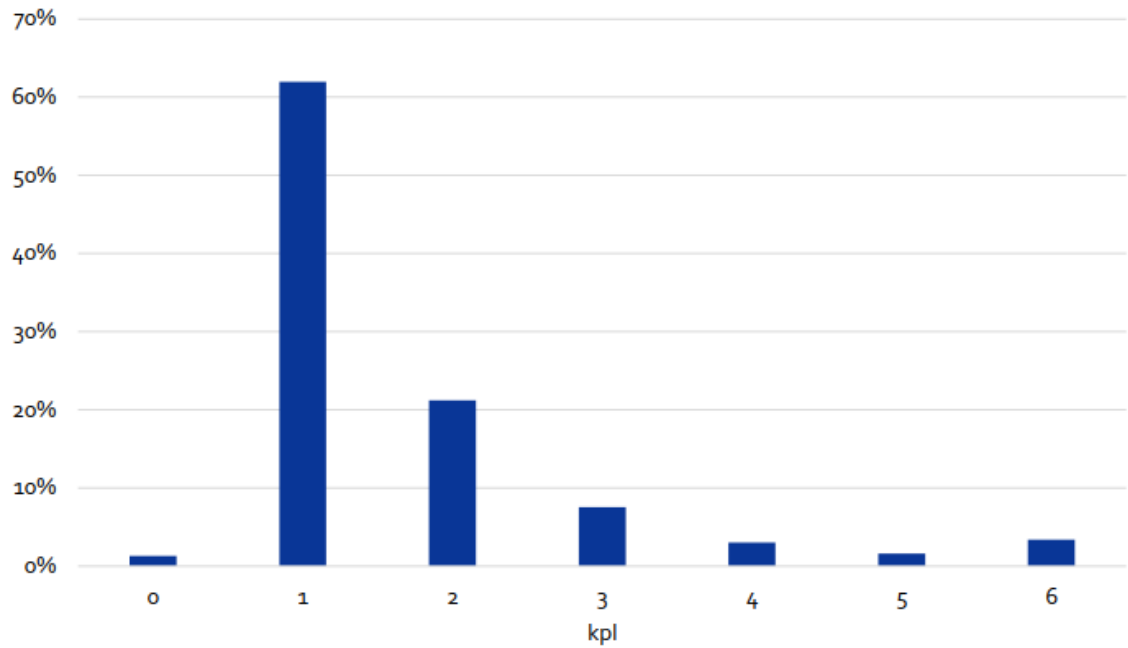
**Taulukko 1:** Ajoneuvokanta, tilanne 31.12.2016. Vasemmalla liikennekäytössä, oikealla rekisterissä olevat.

Maakunta	Henkilöautot	Moottori-pyörät	Suhdeluku, %	Henkilöautot	Moottori-pyörät	Suhdeluku, %
Uusimaa	688 137	42 628	6,19	835 803	64 902	7,77
Varsinais-Suomi	237 853	15 162	6,37	295 093	23 016	7,80
Satakunta	121 257	7 682	6,34	157 624	11 773	7,47
Kanta-Häme	92 113	7 021	7,62	117 556	10 947	9,31
Pirkanmaa	241 913	17 005	7,03	301 026	26 158	8,69
Päijät-Häme	97 918	6 193	6,32	121 968	9 608	7,88
Kymenlaakso	95 668	6 408	6,70	120 419	10 222	8,49
Etelä-Karjala	70 127	4 324	6,17	88 677	7 041	7,94
Etelä-Savo	77 947	4 860	6,24	100 037	7 892	7,89
Pohjois-Savo	121 294	7 589	6,26	156 792	12 233	7,80
Pohjois-Karjala	83 760	5 043	6,02	110 534	8 197	7,42
Keski-Suomi	134 344	9 237	6,88	171 527	14 347	8,36
Etelä-Pohjanmaa	108 323	8 118	7,49	143 010	12 911	9,03
Pohjanmaa	98 428	5 933	6,03	126 775	9 219	7,27
Keski-Pohjanmaa	35 642	2 095	5,88	46 935	3 340	7,12
Pohjois-Pohjanmaa	190 879	11 515	6,03	246 246	19 626	7,97
Kainuu	38 374	2 061	5,37	51 086	3 497	6,85
Lappi	90 871	4 302	4,73	120 168	8 301	6,91

Taulukosta 1 nähdään, että liikennekäytössä olevien moottoripyörien suhde liikennekäytössä oleviin henkilöautoihin vaihtelee 4,7% ja 7,6% välillä siten, että suhteessa eniten niitä on Kanta-Hämeessä ja vähiten Lapissa. Nämä lukemat ovat joulukuun lopulta, joten ne voivat olla kesäaikaan erilaisia. Rekisterissä olevien moottoripyörien suhde rekisterissä oleviin henkilöautoihin vaihtelee välillä 6,8%–9,3%. Pienin suhdeluku on Kainuun maakunnassa ja korkein Kanta-Hämeessä.

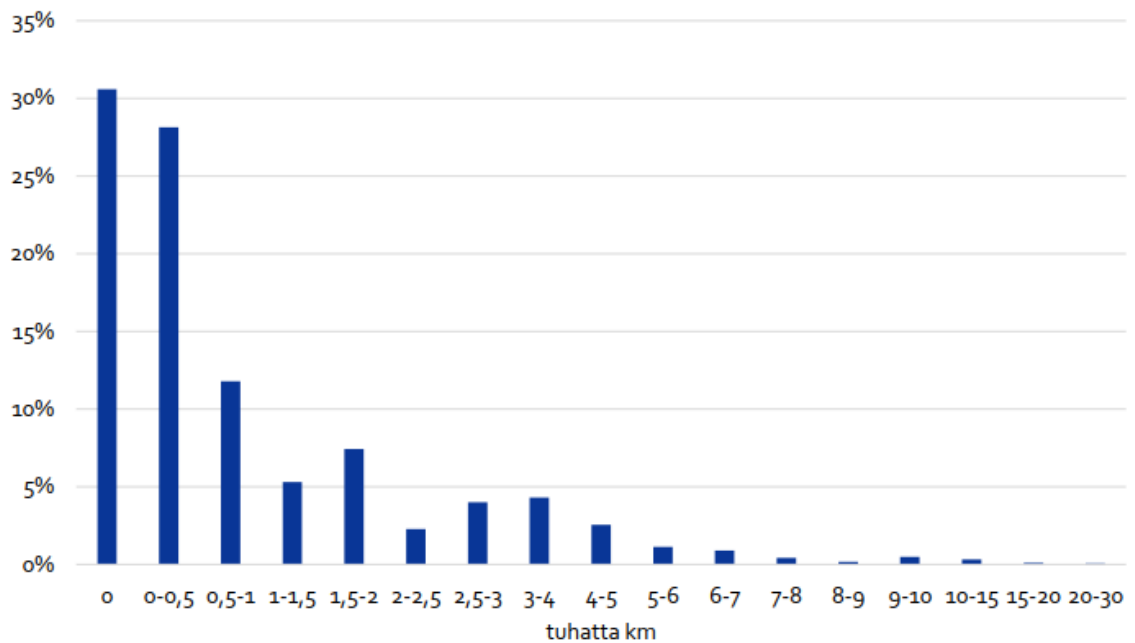
Taulukon 1 arvoista voidaan laskea, onko liikennekäytössä ja rekisterissä olon välillä eroa henkilöautoilun ja moottoripyöräilyn osalta. Maakunnittain lasketut suhdeluvut osoittavat, että moottoripyöriä on järjestään liikennekäytössä suhteellisesti vähemmän ja tämä suhde on 11,7–23,8%-yksikköä pienempi kuin henkilöautoilla. Tämä saattaa kertoa moottoripyöräilyn kausiluonteisuudesta.

SMOTO:n eli suomen motoristit ry:n teettämän kyselyn perusteella (Kielinen 2016a) suomalaisella motoristilla on omistuksessaan keskiarvolla tarkasteltuna 1,67 moottoripyörää. Kuvassa 1 on esitetty, montako moottoripyörää tietty osuus motoristeista omistaa.

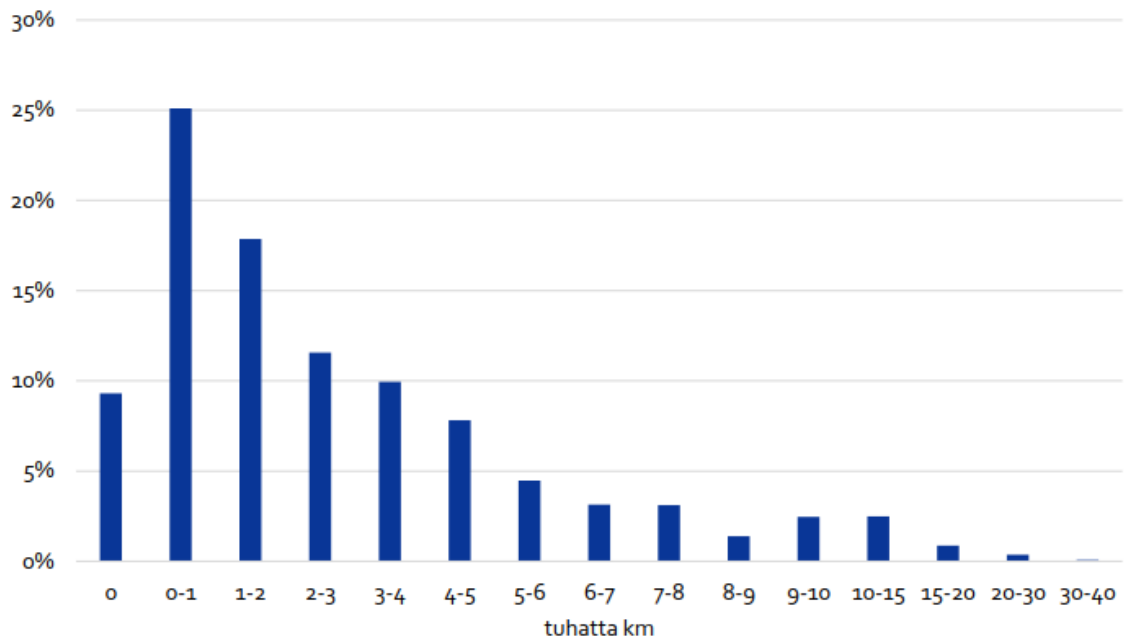


**Kuva 1:** Moottoripyörien omistus. (Kielinen 2016a).

Samassa kyselyssä selvitettiin lisäksi, paljonko moottoripyöräilijät ajoivat vuonna 2016 ja millaisia matkoja moottoripyörillä tehtiin. Ajomäärän keskiarvo oli 6382 kilometriä mediaanin ollessa 5000 kilometriä. Vuonna 2016 moottoripyörillä ajetut työmatka- ja matkailukilometrit ovat nähtävissä kuvissa 2 ja 3.



**Kuva 2:** Työmatkoilla ajetut kilometrit vuonna 2016. (Kielinen 2016a).



**Kuva 3:** Matkailussa ajettut kilometrit vuonna 2016. (Kielinen 2016a).

Kyselyn perusteella tärkein moottoripyörällä ajamisen syy oli vapaa-ajan matkojen ajaminen päivä- tai ilta-ajelutyypillisesti, toiseksi tärkeimmäksi syyksi mainittiin vapaa-ajan vietto matkailumielessä. Matkailun ajomäärä oli keskiarvoltaan 3293 kilometriä mediaanin ollessa 2000 kilometriä. Kolmanneksi tärkeimmäksi syyksi kerrottiin työssä käynti ja asiointi. Työmatka-ajoihin käytettyjen kilometrien vuotuinen keskiarvo oli 1174 kilometriä, mediaani oli 400 kilometriä. Muiksi ajamisen syiksi kerrottiin koulussa tai kursseilla käynti, harrastajatapahtumissa käynti, kokoontumisajot sekä ammatilliset syyt. (Kielinen 2016a).

Vuonna 2008 julkaistua Moottoripyöräilyn turvallisuus -raporttia varten tehdyn tutkimuksen mukaan sinä vuonna moottoripyöräilyn ajomäärän keskiarvo oli 7044 kilometriä ja mediaani oli 6000 kilometriä. Samassa tutkimuksessa kerrottiin vuoden 2007 ajomäärän keskiarvon olleen 7228 kilometriä ja mediaanin 6000 kilometriä. (Mattson et al. 2008, s. 97). Kyseiset lukemat ajomääristä ovat 9–10 vuoden takaisia, joten Kielisen (2016a) lukemat lienevät lähempänä nykyistä tilannetta.

Moottoripyöräilyn turvallisuus -raportista selviää muita moottoripyöräilyyn liittyviä asioita. Kyselyn tuloksen perusteella selvisi, että miespuoliset motoristit ajoivat yksilötasolla enemmän kuin naispuoliset, minkä lisäksi vastausten määrien perusteella miespuolisia motoristeja on enemmän. Jälkimmäistä ajatusta tukee myös Suomen motoristi ry:n tekemä Suomalaisen motoristin profiili -esitys, jossa todetaan ”tyypillisen motoristin” olevan keskiarvoltaan noin 46-vuotias mies (Kielinen 2016b). Moottoripyöräilyn turvallisuus -raporttia varten tehdyssä kyselyssä selvitettiin myös, kuinka suuri osuus vastaajan moottoripyörällä tekemistä matkoista kuului luokkiin ”Työ/koulumatkat”, ”Huviajelu”, ”Matkustelu” tai ”Asiointi”. Tuloksen perusteella myös vuonna 2008 moottoripyörää

käytettiin pääosin huviajelutarkoituksessa. Kyselyn perusteella näyttäisi myös siltä, että ainakin tuolloin moottoripyörällä ajettiin useammin yksin, kuin muiden moottoripyöräilijöiden kanssa yhdessä. (Mattsson et al. 2008, s. 98–100).

Moottoripyöräilyn kausiluonteisuutta voidaan yrittää perustella moottoripyöräilyonnettomuuksien pohjalta. Kun tarkastellaan Moottoripyöräilyn turvallisuus -raportin lukemia kuukausittaisista onnettomuusmääristä, voidaan havaita suurimman osan onnettomuuksista tapahtuvan touko–syyskuussa. Melko paljon niitä oli myös huhti- ja lokakuussa. Joului-, sekä tammi–maaliskuissa onnettomuuksia ei tapahtunut juurikaan. (Mattsson et al. 2008). Tämän voisi tulkita niinkin, että talvella ajetaan yhtä paljon, mutta se on vain turvallisempaa. Tämä olisi kuitenkin varmasti nostettu raportissa esiin, eli voidaan olettaa kesäaikaan ajettavan enemmän kuin talviaikaan.

Oletusta kausiluonteisuudesta tukee myös yleisestä liikennelaskennasta saadut suuntalinjat. Vaikka yleisen liikennelaskennan mittauksia ei tehdäkään tasaisesti ympäri vuoden ja mitatuilta pisteiltä saadut moottoripyöräilijöiden määrät ja osuudet muusta ajoneuvoliikenteestä voivat vaihdella paljonkin eri syistä (laskentalaitekohtaiset erot, mihin aikaan vuodesta lasketaan minkäkin tyyppisiä teitä ja niin edelleen), voidaan kuitenkin havaita saman tyyppistä vuodenaikaista vaihtelua kuin onnettomuusmäärissä.

Moottoripyöräilyn turvallisuus -raportissa (Mattsson et al. 2008) on käsitelty moottoripyöräilyn turvallisuutta muutenkin hyvin laajasti. Vaikka raportti on jo lähes 10 vuotta vanha, voidaan siinä esitettyjen suurten linjojen olettaa pitävän edelleen paikkansa. Ajankohtaisempia onnettomuustilastoja on Liikenneturvan Moottoripyöräilijöiden henkilövahingot tieliikenteessä -tilastokatsauksessa (Liikenneturva 2017). Sen mukaan moottoripyöräilijöiden liikennekuolemien määrä on lähes puolittunut viimeisen 10 vuoden aikana: vuoden 2007 30 kuolemasta vuoden 2016 16 kuolemaan. Samalla aikavälillä loukkaantuneiden määrä on laskenut noin kolmanneksella 657 loukkaantumisesta 426 loukkaantumiseen. Kaikista tieliikenteen henkilövahinko-onnettomuuksista seitsemän prosenttia tapahtui moottoripyöräilijöille.

Kuolemaan johtaneista onnettomuuksista kolme neljästä ja loukkaantumisista puolet tapahtui taajamien ulkopuolella, loput taajamissa. Taajamien ulkopuolisista kuolemaan johtaneista onnettomuuksista 40% olivat ulosajoja, 20% kohtaamisonnettomuuksia. Loukkaantumista kolmannes tapahtui ulosajoissa ja 20% samojen ajosuuntien onnettomuuksissa. Taajamissa 50% kuolemantapauksista aiheutui kohtaamisonnettomuuksissa ja 25% ulosajoissa. Loukkaantumiseen johtaneista onnettomuuksista 25% oli samojen ajosuuntien onnettomuuksia, 20% ulosajoja ja noin 20% risteävien ajosuuntien onnettomuuksia. Vuosina 2012–2016 kaikista moottoripyörällä loukkaantuneista 43% oli nuoria, eli 15–24-vuotiaita. Esimerkiksi vuonna 2016 loukkaantuneista kyseiseen ikäryhmään kuului 182 henkilöä, kun muissa ikäryhmissä (25–34, 35–44, 45–54, 55–64 ja 65–) oli 13–65 henkilöä. (Mattsson et al. 2008, Liikenneturva 2017).

## 1.2 Mihin tietoa moottoripyöräilyn määrästä tarvitaan?

### 1.2.1 Melumallinnus

Tietoa moottoripyöräilyn määrästä tarvitaan esimerkiksi tieliikenteen aiheuttaman melun arviointiin. Velvoite tieliikenteen aiheuttaman melun selvittämiseksi määritellään Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta (2002). Direktiivissä ympäristömelun käsite määritellään ei-toivottuna tai haitallisena ihmisen toiminnan aiheuttamana ulkoa kuuluvana äänenä, jonka lähteenä toimivat muun muassa liikennevälineet ja tieliikenne. Tällä melulla mainitaan olevan kielteisiä vaikutuksia esimerkiksi ihmisten terveydelle, mikä onkin yhtenä selityksenä sille, miksi melun määrää ja myös keinoja sen vaikutusten vähentämiseksi ylipäätään on tarpeen selvittää.

Direktiivin (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2002) määritelmien mukaisesti Suomessa on tehty meluselvitykset meluntorjunnan toimintasuunnitelmiseen ensin suppeammassa I-vaiheessa vuonna 2007, jolloin mukaan selvitykseen otettiin esimerkiksi yli 250 000 asukkaan väestökeskittymät sekä tiet, joiden vuotuinen liikennemäärä ylitti 6 000 000 ajoneuvoa. II-vaiheen meluselvitykseen otettiin mukaan tieverkon osalta ne tiet, joiden vuotuinen liikennemäärä ylitti 3 000 000 ajoneuvoa, mikä kattaa käytännössä n. 2080 kilometriä tietä. Tähän sisältyy suurimpien asutuskeskittymien välillä kulkevien valtateiden 1–7 lisäksi tiheästi asutuilla alueilla olevia seutu- ja yhdysteitä. Toisen vaiheen meluselvitykset valmistuivat vuonna 2012, mihin liittyvät selvitykset ja meluntorjunnan toimintasuunnitelmat pitää tarkastaa joka viides vuosi. (Liikennevirasto 2012). Kuten Euroopan komission (2015, s.5–6) direktiivistä 2015/996 käy ilmi, kaksipyöräiset moottoriajoneuvot kuuluvat mukaan tieliikennemelulähteiden ajoneuvoluokitukseen ja dokumentissa korostetaan, että kaikkia ajoneuvoluokkia, avointa luokkaa lukuun ottamatta, on käytettävä.

Näin ollen Suomen nykyisessä tilanteessa, jossa laskentatietoa moottoripyörien käyttömäärästä päätieverkolla ei käytännössä ole, on ristiriidassa sen kanssa, että laskentatietoa pitäisi olla melumallien lähtötiedoksi. Tämä on yksi syy kehittää moottoripyörien havainnointiin soveltuvaa laskentaverkkoa.

### 1.2.2 Liikenneturvallisuus

Liikenneturvallisuus on paitsi kaikkia liikenteessä liikkuvia henkilökohtaisella tasolla koskettava, myös ajoneuvoluokittain seurattava ja tarkasteltava asia. Liikenteen, kuten kaiken muunkin turvallisuuden määrittäminen ja arvioiminen on hyvin suhteellinen ja jopa henkilökohtaisella tasolla muuttuva asia. Turvallisuutta voidaan tarkastella esimerkiksi siten, kuinka turvallisena mikäkin liikennemuoto tai vaikkapa liikenneväylä koetaan. Liikenteen turvallisuutta voidaan kuitenkin tarkastella objektiivisesti esimerkiksi onnettomuustilastojen pohjalta ja näin tehdä päätelmiä eri liikkumismuotojen ja ajoneuvoluokkien turvallisuuden välillä. Onnettomuustilastojen oikean suuntaiseen tulkintaan

tarvitaan onnettomuusmääriä ja onnettomuuspaikkoja koskevien tilastojen lisäksi tietoa siitä, kuinka paljon, missä ja millä kulkuneuvolla liikutaan. Näin saadaan muodostettua vertailulukuja, kuten esimerkiksi kuinka monta henkilövahinko-onnettomuutta tapahtuu tiettyä liikennesuoritetta kohden.

Peltola et al. (2008) tekemien tarkastelujen mukaan vuosina 2004–2006 riski kuolla moottoripyöräonnettomuudessa Suomessa oli laskentatavasta riippuen noin kolmikymmenkertainen henkilöauto-onnettomuuksiin verrattuna. Lukumäärinä tämä tarkoitti 53 kuolemaa moottoripyöräonnettomuuksissa 100 miljoonaa ajettua henkilötuntia kohden, kun henkilöauto-onnettomuuksissa vastaava lukema oli 19 kuolemaa 100 miljoonassa henkilötunnissa. Henkilökilometrein mitattuna moottoripyöräillessä kuoli 4,1 ihmistä 100 miljoonaa henkilökilometriä kohden, kun henkilöautoilun kohdalla vastaava lukema oli 0,38 henkilöä 100 miljoonaa henkilökilometriä kohden. (Mattsson et al. 2008).

Näitä lukemia vertaillessa on syytä muistaa, että moottoripyöräilysuoritteiden lukemat olivat laskentatiedon puutteesta johtuen tuolloin lähinnä valistuneita arvauksia. Laskentaverkon muodostamisen ja laskentatiedon saamisen myötä tieto moottoripyöräilymääristä tarkentuu ja näin ollen arviot moottoripyöräilyn onnettomuusmääristä suhteessa muihin ajoneuvoluokkiin paranevat. Tätä tietoa voidaan siten käyttää esimerkiksi moottoripyöräilyn turvallisuuden uudelleenarviointiin ja tarkentamiseen sekä siihen liittyvän päätöksenteon ja liikenneturvallisuustyön tukena.

LAM-pisteisiin pohjautuvan, moottoripyöräilysuoritteiden havainnointiin kykenevän kiinteän laskentapisteverkon avulla saadaan tuotettua moottoripyöräilyn määrien lisäksi tietoa nopeustasoista ja niiden kehityksestä. Kuten Liikennevakuutuskeskuksen (2015) julkaisemasta moottoripyörä- ja moporaportista nähdään, jopa 59% moottoripyöräonnettomuuksista vuosina 2009–2013, joissa aiheuttavana osapuolena oli moottoripyörä, ylinopeutta oli yli 9 km/h ja 42% tapauksista ylinopeutta oli yli 30 km/h. Voidaankin päätellä, että ylinopeuksilla on suurta merkitystä moottoripyöräonnettomuuksien syntyyn. Täten LAM-verkon pohjalta saatavaa nopeustietoa voidaan käyttää nopeustasojen arviointiin ja edelleen liikenneturvallisuustyön lähtötietona.

### 1.2.3 Päästömalli

VTT:ssä on tehty Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä LIPASTO, jonka tieliikenteen pakokaasupäästöjen laskentamalli LIISA:n avulla tuotetaan vuosittain viralliset päästömäärät EU:n, YK:n ja Suomen omiin tilastoihin. LIISA:n alamalli MP-LIISA on tarkoitettu moottoripyöräilysuoritteiden, mopojen ja mopoautojen päästöjen sekä polttoaineenkulutuksen arviointiin. (VTT 2017).

Malli perustuu pyöräkohtaisiin vuosisuoritteisiin (kilometriä per vuosi) ja suoritekohtaisiin päästökertoimiin (grammaa per kilometri). Kuten tämän laskentajärjestelmän kuvauksessa mainitaan, suoritteesta ei ole tutkittua tietoa eikä tilastoja, vaan se perustuu



asiantuntija-arvioon. Tämän arvion tekemiseksi on kerätty tietoja myynnissä olevien ajoneuvojen mittarilukemista, joiden pohjalta on saatu käsitys vuosittaisesta ajoneuvosuoritteesta. Ajoneuvotyypeittäin on tehty jaottelu kolmeen osioon ajomäärien perusteella ja näin muodostetuille ryhmille on arvioitu prosenttiosuudet sekä vuotuiset ajokilometri-määrät. Muista ajoneuvoista poiketen, suoritteiden vuotuista vaihtelua moottoripyörien, mopojen ja mopoautojen osalta ei ole arvioitu, vaan kokonaissuoritteiden ajatellaan muuttuvan ajoneuvojen määrän vaihtelun mukaan. (VTT 2017). Moottoripyörien havaitsemiin kykenevän laskentaverkon käyttöönoton myötä pystytään arvioimaan nykyistä tarkemmin moottoripyöräilyä suoritettua Suomessa.

## 2. LIIKENTEEN AUTOMAATTINEN MITTAUS JA LASKENTAPISTEVERKKO

Tutkimuksen tähän osioon on koottu aihetta taustoittavaa teorial tietoa. Osion alussa esitellään liikenteen automaattisten mittauspisteiden verkkoa, eli LAM-pisteverkkoa. Luvussa käsitellään LAM-pisteverkon muodostamisen historiaa ja esitellään sen nykytila. Luvussa käydään läpi sähkömagneettiseen induktioon perustuvien laskentalaitteiden tekniikkaa ja toimintaa, sekä käsitellään LAM-pisteillä käytössä olevia DSL-laitteita tarkemmin. Lisäksi esitellään liikenteen automaattisen mittauksen taustalla toimiva tietojärjestelmä. Pyrkimyksenä on syventää kokonaiskuvaa siitä, miten LAM-pisteverkko kokonaisuudessaan toimii.

Luvussa käydään läpi aiempia LAM-laaturastasteluita ja kuvaillaan, kuinka laskentatiedon laatua voidaan mitata. Myös laatu puutteiden mahdollisia syitä on kirjattu tähän lukuun. Lisäksi esitellään, millaisella tarkkuudella eräissä aihealueeseen liittyvissä tutkimuksissa laskentalaitteiden on havaittu havaitsevan ja luokittelevan moottoripyöriä. Luvun lopuksi esitellään lyhyesti joitakin moottoripyörälaskentaverkon muodostamiseen liittyviä tutkimuksia. Esittely on lyhyt, koska tämän tutkimuksen tarpeisiin soveltuvaa verkon muodostamistapaa ei kansainvälisistä tutkimuksista löydetty, eikä kaikkien soveltumattomiksi havaittujen tutkimusten esittelyä koettu siten tarpeelliseksi.

Luvussa vastataan seuraavaan tutkimuskysymykseen: Miten liikenteen automaattisten mittauspisteiden verkko toimii ja mitä osa-alueita siihen kuuluu?

Myös moottoripyörien laskennan tekniseen puoleen, laskentalaitteen toimivuuden arviointiin ja laskentalaitteiden sijoitteluun liittyviin tutkimuskysymyksiin vastataan osittain jo tässä luvussa.

### 2.1 LAM-pisteverkko

LAM-pisteverkko, eli liikenteen automaattisten mittauspisteiden verkko koostuu tieverkolle kiinteästi asennetuista laskentapististä. LAM-pisteverkko on yhdessä yleisen liikennelaskennan kanssa osa Liikenneviraston ylläpitämää Suomen maantieverkon liikennelaskentajärjestelmää. Liikennelaskentajärjestelmän perusteella tuotetaan liikennemäärätiedot kaikille Suomen tieverkon yli 15 000 homogeeniselle välille ja 3 000 rampille, joihin noin 78 000 kilometrin mittainen Liikenneviraston sekä ELY-keskusten hallinnoima maantieverkko on jaettu. (Kiiskilä et al. 2016 s.11-13).

Kiinteiden laskentapistien verkkoa ja kiertävää otoslaskentaa on kehitetty 1970-luvulta alkaen. Ennen varsinaista LAM-pisteverkkoa käytössä oli niin sanottu tarkkailevan liikennelaskennan verkosto, joka koostui yhteensä noin 125 laskentapistestä. Pististä noin

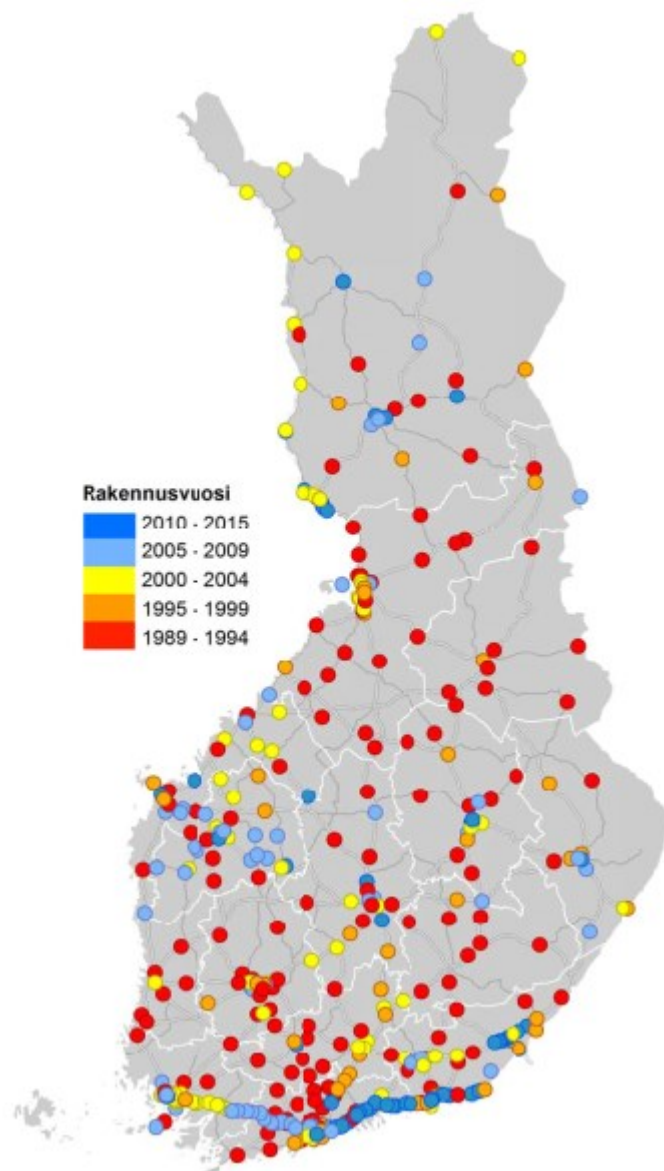
80 oli käytössä jatkuva konelaskenta, kun taas osa pisteistä laskettiin käsin. Kun varsinainen LAM-pisteverkko lähdettiin kehittämään, laskentapistemääräksi päätettiin 150 ja ne sijoitettiin seuraavassa kappaleessa kerrottavalla tavalla. LAM-pisteisiin asennettavassa laitteessa oli aiempiin kiinteisiin konelaskimiin verrattuna se merkittävä etu, että se pystyi luokittelemaan ajoneuvoja. (Räty 2017).

LAM-järjestelmä on kehitetty 1980-luvun loppupuolella, jolloin asennettavaksi laitemääräksi päätettiin 150 laitetta. Näistä 88 laitteen asennuspaikka valittiin tilastollisella menetelmällä ja loput asennettiin niin sanottuihin pakkopisteisiin, eli silloisten tiepiirien omien tarpeiden mukaisiin paikkoihin. Tilastollinen valintamenetelmä oli pääpiirteissään seuraava:

1. 88 sijoitettavaa laitetta jaettiin tiepiireittäin liikennesuoritteiden mukaisissa suhteissa.
2. Tiepiireittäin jyvitettyt laitteet jaettiin piireittäin valta- ja kantateille niin ikään liikennesuoritteiden mukaisissa suhteissa.
3. Otokset poimittiin edellä mainitulla tavalla muodostetuista ositteista siten, että laskentavälien poimintatodennäköisyydet valittiin laskentavälien liikennesuoritteiden suhteissa.
4. Vähäliikenteisimmät tiet rajattiin pois siten, että valta- ja kantateiden liikennesuoritteista oli mukana vähintään 70%, tiepituudesta vähintään 50%. Laskentavälien liikenteen hyväksytyksi alarajaksi asetettiin 90% tiepiirin vuoden KVL:stä.
5. Rajauksen jälkeen tarkistettiin vielä, että otokseen sattuneiden laskentavälien liikenteen kehitys oli ollut 1980-luvulla lähellä keskimääraistä. Tieto liikenteen kehityksestä otettiin tarkkailevasta liikennelaskennasta.

(Räty 2008).

Alkuperäistä LAM-verkkoja muodostettaessa mielenkiinto oli päätieverkon liikenteen määrässä, ajoneuvokoostumuksessa sekä etenkin liikenteen kehityksen ja vaihtelun seurannassa. LAM-pisteitä rakennetaan vuosittain lisää noin 10–15 kappaletta ja nykyään mittauspisteitä perustetaan liikenteen sujuvuuden arvioinnin, liikennetelematiikan sekä ajonopeuksien ja rajaliikenteen seurannan tarpeisiin. (Tiehallinto 2002 s.8, Räty 2008). Vuonna 2016 LAM-pisteitä oli yhteensä noin 470 kappaletta (Kiiskilä et al. 2016 s.13). Niiden suurpiirteinen sijoittuminen Suomen maantieverkolla on esitetty kuvassa 4.



**Kuva 4:** Suomen LAM-verkko vuoden 2016 lopulla. (Kiiskilä et al. 2016).

LAM-pisteillä käytetään sähkömagneettiseen induktioon perustuvia laskentalaitteita. Havaitseminen tapahtuu tien sisään asennettujen induktiosilmukoiden avulla, joiden magneettikenttään ylittävä ajoneuvo aiheuttaa muutoksen. Yksittäinen LAM-piste koostuu kaistakohtaisista silmukkapareista sekä tiedonkeruun keskusyksiköstä. (Kiiskilä et al. 2016). Kuvassa 5 on esimerkkinä valokuva LAM-pisteestä 1021, Koskue. Kuvan LAM-pisteen yhteydessä on tiesääasema. Itse LAM-pisteeseen liittyvät kuvassa näkyvät silmukat ja kuvan vasemman reunan vaalea kaappi, jonka sisällä tiedonkeruun keskusyksikkö on.



**Kuva 5:** Esimerkki LAM-pisteestä: 1021, Koskue.

LAM-pisteiltä saadaan yliajavien ajoneuvojen osalta tieto ylityksen ajankohdasta, ajonopeudesta, ajosuunnasta, ajokaistasta, ajoneuvon pituudesta, peräkkäisten ajoneuvojen aikaerosta sekä ajoneuvoluokasta. Nykyisellään havaittavia ajoneuvoluokkia on seitsemän:

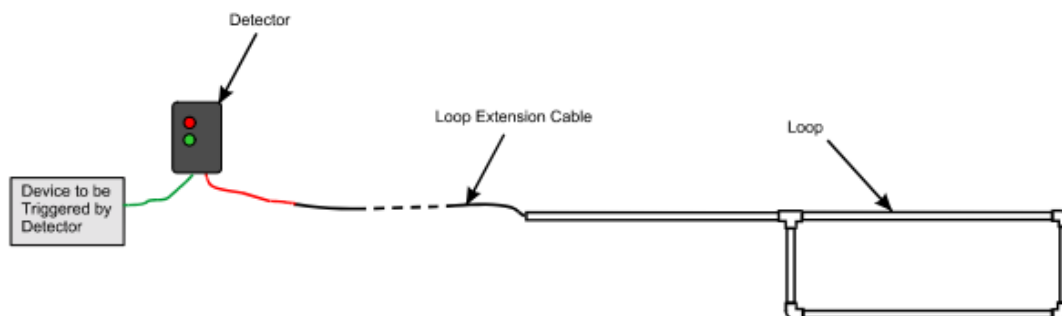
1. henkilö- ja pakettiautot
2. kuorma-autot
3. linja-autot
4. puoliperävaunulliset kuorma-autot
5. täysperävaunulliset kuorma-autot
6. henkilö- ja pakettiautot, jotka vetävät peräkärryä
7. asuntovaunua tai pitkää peräkärryä vetävät henkilö- ja pakettiautot

Tässä työssä tutkittava DSL-6 -laite luokittelee myös moottoripyörät ja mopot luokkaan 0. (Jokela 2016, Kiiskilä et al. 2016).

## **2.2 Sähkömagneettiseen induktioon perustuvat laskentalaitteet**

Ajoneuvojen havaitsemiseen ja laskemiseen on kehitetty monenlaisia laitteita, jotka voivat perustua esimerkiksi mikroaaltotekniikkaan, infrapunatekniikkaan, ultraäänitekniikkaan, sähkömagneettiseen induktioon tai ajoneuvojen aiheuttamaan ääneen (Klein et al.

1996 pp. 5 – 6–14). Suomessa kiinteillä, liikenteen automaattisilla mittauspisteillä käytetään sähkömagneettiseen induktioon perustuvia laskentalaitteita.



**Kuva 6:** Yleiskuva sähkömagneettiseen induktioon perustuvasta laitteistosta. (Marsh Products, Inc. 2000).

Induktiosilmukan käyttöön perustuvat laitteet koostuvat kuvan 6 mukaisesti kolmesta pääkomponentista: silmukasta, tunnistimesta sekä niitä yhdistävästä kaapelista. Silmukka on jatkuva, tien pinnan sisään useimmiten suorakaiteen muotoisesti asennettu kaapeli, jolla on sama alku- ja loppupiste. Tästä pisteestä kulkee kaapeli tunnistimelle. Tunnistin tuottaa virtaa silmukkaan, jolloin silmukan johtimien ympärille muodostuu magneettikenttä. Magneettikenttä viritetään värähtelemään 10–200 kHz taajuudella ja tunnistin tarkkailee tätä magneettikenttää. Metallisen esineen kulkiessa silmukan yli tai pysähtyessä sen päälle, silmukan induktanssi pienenee, mikä havaitaan tunnistimella magneettikentän taajuuden kasvuna. Taajuuden kasvun myötä tunnistimen tyypistä riippuen aiheutuu esimerkiksi releen tilan muutos, joka palautuu ajoneuvon poistuttua silmukan päältä ja tämä releen tilan muutos voidaan ohjata vaikkapa avaamaan portti. Kehittyneemmät järjestelmät kykenevät silmukalta tulevaa signaalia käsittelemällä esimerkiksi ajoneuvoiluokitteluun ja virheen havainnointiin ja tällaisia laitteita voidaan käyttää esimerkiksi liikennelaskennassa. (Klein et al. 1996 pp.5 – 13–14, Marsh Products, Inc. 2000).

Sähkömagneettiseen induktioon perustuvaa laskentalaitetta käytettäessä ajoneuvon havaitseminen perustuu ajoneuvon metalliosien silmukan suuntaiseen poikkipinta-alaan. Metallikappaleet, joiden pohjien pinta-alat ovat samat, mutta paksuudet eroavat toisistaan, havaitaan yhtä herkästi. Näin ollen ajoneuvon havaittavuus ei riipu metallimassan suuruudesta. Lisäksi esimerkiksi levyäinen metallikappale, joka havaittaisiin lappeellaan ollessaan, jäisi todennäköisesti pystyssä ollessaan havaitsematta. (Marsh Products, Inc. 2000).

Ajoneuvon havaitsemisen herkkyyteen vaikuttaa metalliosien pinta-alan lisäksi metalliosien ja induktiosilmukan välinen etäisyys. Mitä lähempänä silmukkaa metalli on, sitä suuremman muutoksen se magneettikentän taajuuteen aiheuttaa. Näin ollen esimerkiksi matala urheiluauto aiheuttaa induktiosilmukan ylittäessään vahvemmin havaittavan muutoksen magneettikentässä kuin korkea urheiluauto. Vaikka useimmilla laitteistoilla on mahdollista säätää havaitsemiskorkeutta, aiheuttavat käytettävät silmukat rajoituksia.

Karkeasti ottaen maksimihavaitsemiskorkeus on noin  $\frac{2}{3}$  silmukan lyhyiden sivujen pituudesta. Tätä korkeutta voidaan monesti säätää vastaamaan silmukan lyhyen sivun pituutta, mutta tällöin havaitsemisen luotettavuus kärsii. (Marsh Products, Inc. 2000).

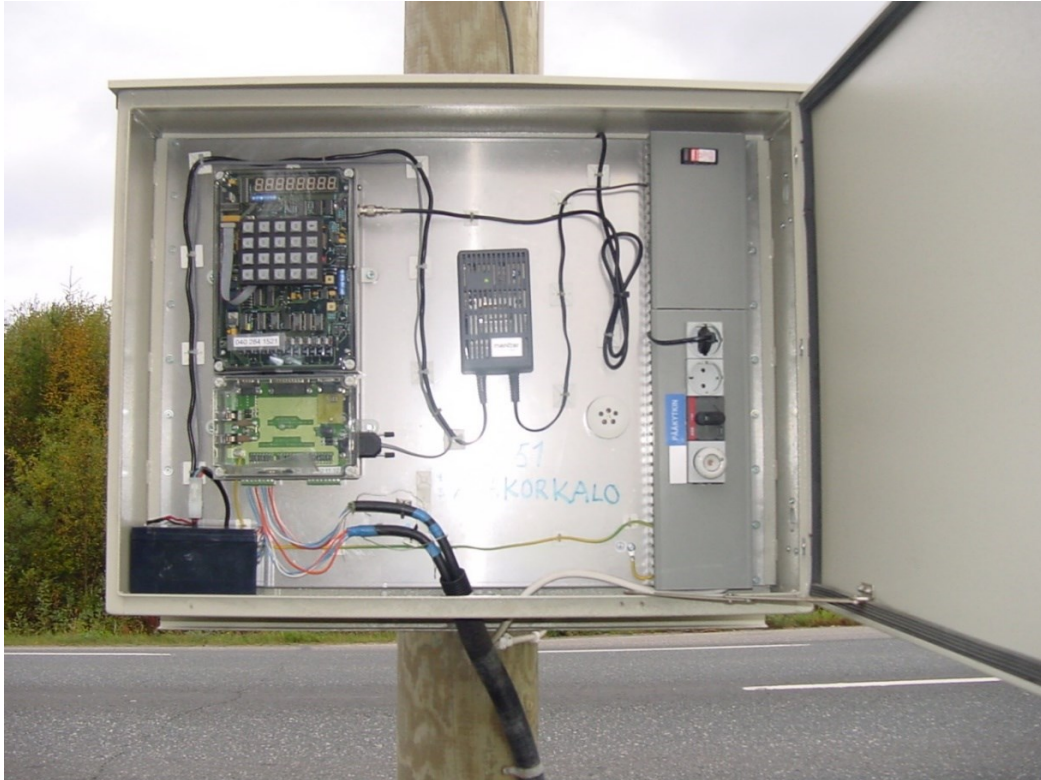
## 2.3 DSL-laitteet

Kaikilla Suomen LAM-pisteillä on tällä hetkellä käytössä sähkömagneettiseen induktioon perustuva DSL-laskentalaitte. DSL-laitteet ovat Insinööritoimisto Harri Jokela Oy:n kehittämiä ja valmistamia. Tällä hetkellä LAM-verkolla käytössä olevia laitemalleja ovat DSL-3, DSL-4, DSL-5 ja DSL-6. Laitteita on asennettuna siten, että vajaalla 91%:lla LAM-pisteistä on käytössä DSL-4 -laite, noin 6%:lla DSL-3 -laite ja seitsemällä pisteellä DSL-5 -laite, mikä tarkoittaa noin 1,5%:n osuutta. Laitteiden esittelyissä painotetaan DSL-3 ja -4 -laitteita niiden suuresta määrästä johtuen. Lisäksi esitellään tarkemmin uusin DSL-6 -laite, joita on asennettuna vajaaseen 2%:in LAM-pisteistä.

DSL-laitteet ovat kiinteästi asennettavia liikennelaskentalaitteita, joista malleihin 3,4 ja 6 voidaan liittää induktiosilmukoita yhteensä 12 kappaletta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että kahdella peräkkäisellä silmukalla per kaista tehtävää ajoneuvoja luokittelevaa laskentaa pystytään tekemään enintään kuusikaistaisilla teillä. Yli kuuden kaistan poikkileikkauksissa käytetään DSL-5 -laitetta, johon voidaan liittää jopa 24 silmukkaa, jolloin luokitteleva laskenta on mahdollista 12 kaistalta. (Jokela 2016a, Saastamoinen 2017a).

Lisäksi laitemalleista on käytössä toisistaan poikkeavia versioita, jotka erottaa mallinimen perään lisättävästä kirjaimesta L, G tai IU. Merkintä L tarkoittaa, että se on ”RJ45 liitännäinen asema, laite kytketään RJ-45 liittimestä esim. suoralla johdolla ADSL-verkko-pääätteeseen tai Violaan.” G-kirjaimella merkityssä laitteessa on käytössä GSM tai GPRS-tiedonsiirto. Mikäli laitteessa ei ole ollut ”ukkossuojaa” vakiona, kuten nykyisissä laitteissa, vaan se on lisätty jälkikäteen, saa laiteversio lisämerkinnän IU. (Saastamoinen 2017a). Kuvassa 7 on esitetty esimerkkinä laite DSL-4G kaappeineen ja kuvassa 8 laite DSL-6L.





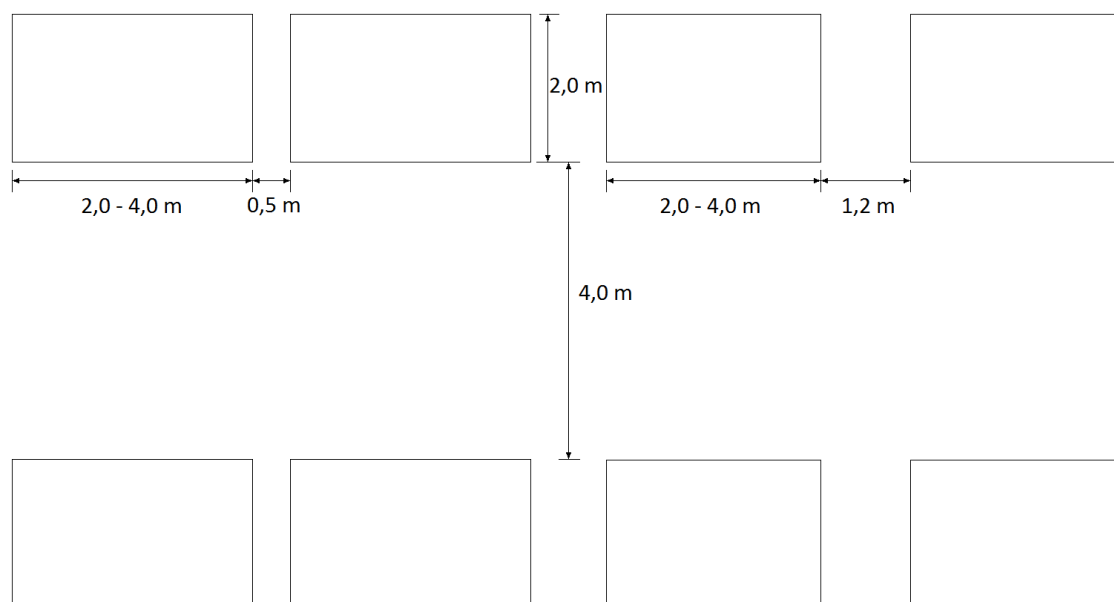
**Kuva 7:** DSL-4G -laskentalaite. (Satu Paltto).



**Kuva 8:** DSL-6L -laskentalaite. (Teuvo Nikkinen).



DSL-6 ja aiempien laitteiden silmukoiden asennusohjeet eroavat toisistaan. DSL-3, -4 ja -5 -laitteiden asennusohjeissa vierekkäisten silmukoiden asennusväliksi on määritetty 1,2 metriä, kun DSL-6 -laitteen ohjeistuksessa tätä väliä on pienennetty 0,5 metriin. Syyksi tälle mainitaan, että suurempi välimatka saattaa johtaa moottoripyörien laskematta jäämiseen, mikäli ne ajavat kaistan sisäreunassa. (Jokela 2016a, b). Silmukoiden asennustapojen eroa on selvennetty kuvassa 9. Tämä silmukoiden etäisyyksien ero on hyvä ottaa huomioon, mikäli DSL-6 -laite vaihdetaan esimerkiksi DSL-4 -laitteen tilalle, mutta silmukat jätetään ennalleen. DSL-6 -laitteen laskentalaadun tarkastelujen yhteydessä tästä ei ole tuntunut aiheutuvan varsinaista häiriötä laitteen toiminnalle. Ongelmia ja häiriöitä saattaa sen sijaan aiheutua, mikäli silmukat asennetaan DSL-6 -laitteen ohjeistuksen mukaisesti ja DSL-6 -laitteen tilalle vaihdetaan esimerkiksi DSL-4 -laite, jota ei ole suunniteltu käytettäväksi lähellä toisiaan olevien silmukoiden kanssa. Perusteluna tälle on se, että lähempänä toisiaan olevien induktiosilmukoiden magneettikentät saattavat häiritä toisiaan silloin, kun laitetta ei ole suunniteltu käytettäväksi tällaisessa tilanteessa.



**Kuva 9:** Kuva DSL-6 (vasemmalla) ja vanhempien DSL-laitteiden (oikealla) silmukoiden ohjeellisista mitoista mittakaavassa. Kuvassa näkyvät poikittaiset 2-4 metrin mitat eroavat toisistaan, koska asennettaessa silmukat ajoradan reunasta reunaan DSL-6 vaatii leveämmän silmukan kuin vanhemmat DSL-laitteet, jotta asennus olisi ohjeistuksen mukainen.

Käytännössä DSL-laitteiden erot ovat mikrokontrollerien, muistien, ohjelmistopäivitystavan ja datankäsittelytavan eroja. DSL-3 ja DSL-4 -laitteiden suurimmiksi eroiksi mainitaan, että DSL-4 -laitteessa on eri mikrokontrolleri, jossa on flash-muisti ja jonka ohjelmisto voidaan päivittää puhelinlinjan kautta. Lisäksi päivitettäessä laitteen kadottaman datan määrä on pienempi. DSL-4 ja DSL-6 -laitteissa on myöskin eri mikrokontrollerit ja DSL-6 -laitteessa on enemmän muistia. Päivitys tapahtuu GPRS-yhteyden kautta ja päivityksen aikana menetetään entistä vähemmän dataa. Lisäksi erona mainitaan, että säh-

kökatkoksen aikana menetetään vain vähän tietoa, mutta normaalitilanteessa akkuvarmistus takaa, että kaikki ajoneuvohavainnot saadaan tallennettua. (Jokela 2016a, Jokela 2016b).

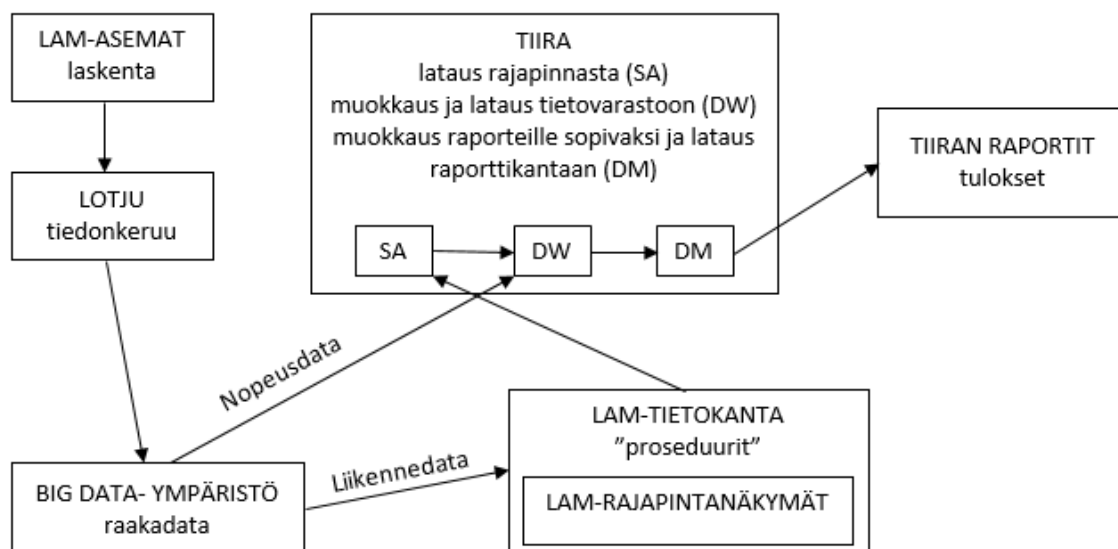
DSL-3 -laitteen jälkeen ilmestyneisiin DSL-laitteisiin tehdyt kytkentätavan ja ylijännitesuojauksen erot olivat Saastamoisen (2017b) kanssa käydyn keskustelun perusteella merkittävä muutos, jotka myös Jokela (2016a) on maininnut. DSL-3 -laitteessa käytetyt TNC-liittimet korvattiin myöhemmissä malleissa pistokeliitäntäisillä liitinrimoilla, mikä esimerkiksi vähensi silmukajohtojen sekaantumisen riskiä laitetta vaihdettaessa. Ylijännitesuojaus puuttui DSL-3 -laitteesta kokonaan, kun myöhemmistä malleista se löytyy. Tämän muutoksen tärkeyttä kuvastaa se, että DSL-3 -laitteisiin asennettiin ylijännitesuojat jälkeinpäin.

DSL-6 -laitteeseen tehdyistä muutoksista merkittävimpinä voidaan pitää datankäsittelytavan muutosta ja laskentatehon lisäystä. Laitteisto tallentaa molempien peräkkäisten silmukoiden datat, käsittelee ne vasta ajoneuvon ohitettua pisteen kokonaan ja näin ollen pystyy havaitsemaan mahdollisen hyppäyksen datassa ja korjaamaan sen ennen signaalin käsittelyä. Jokelan arvion mukaan edellä mainittu hyppäys saattaa aiheutua esimerkiksi liian syvälle sahatusta silmukka-asennuksesta ja siitä johtuvasta päällystealueen keikahduksesta ajoneuvoylityksen aikana. DSL-3, -4 ja -5 -laitteet käsittelevät dataa reaaliaikaisesti, jolloin hyppäys datassa johtaa virheelliseen havaintoon. (Jokela 2017).

Datan käsittelytapaa on muutettu myös nopeuden arvioinnin ja ajoneuvoluokittelun parantamiseksi. Kun DSL-4 -laite mittaa ajoneuvon signaalista vain alku- ja loppureunat sekä painopisteen, mittaa DSL-6 -laite alku- ja loppureunat kahdella eri tavalla, joista optimointiohjelma valitsee parhaat ja painopisteajkojen lisäksi lasketaan aikaero korrelaatiotekniikkaa käyttäen. Näin toimien saadaan monissa tapauksissa paras tulos. Luokitelutarkkuuden parantamista varten on myös kerätty silmukka-antureiden datasta tietokanta, joka käsittää lähes 10 000 varmennettua ajoneuvoylitystä. Tämän tietokannan avulla voidaan ratkaista DSL-6 -laitteen ohjelman käyttäytymiseen liittyviä ongelmallisia tilanteita. Laskentatehon lisääminen mahdollistaa aiempaa useampien laskentatehtävien tekemisen, mikä on myös osaltaan mahdollistanut moottoripyörien laskentaan mukaan ottamisen. (Jokela 2017).

## 2.4 LAM-järjestelmä

LAM-pisteiden lisäksi LAM-järjestelmä vaatii toimiakseen järjestelmät tietojen keruuseen ja niiden käsittelyyn. Kuvaan 10 on pyritty kuvaamaan pelkistetysti, kuinka tiedonkäsittely ja -keruu LAM-järjestelmässä toimii. Kuva 10 on koostettu alkuvuonna 2017 päivitetyn LAM-raakadata lähdejärjestelmäksi -raportin pohjalta (CGI 2017), joten kuva poikkeaa siitä, miten tietojenkäsittely on toteutettu vielä esimerkiksi loppuvuodesta 2016. LAM-asemia ja LOTJU:a koskeva kuvan osa perustuu Toivonen (2016) tekemään LOTJU -diaesitykseen.



**Kuva 10:** LAM-järjestelmä.

Kuvan 10 mukaisesti LAM-asemilta kerätään laskentatiedot LOTJU-järjestelmän avulla. LOTJU-järjestelmä käsittää LAM-pisteiden tietojen keruun lisäksi esimerkiksi tiesääti-tojen keruun ja tiekameroiden tietojen keruun. (Toivonen 2016). Kyse on laajasta kokonaisuudesta, mutta sitä ei ole tarpeen käsitellä tässä yhteydessä enempää.

Tiedonkeruun tuloksena karsimaton liikennemittausdata puretaan ja siirretään Big Data -ympäristöön ns. raakadatana. Liikennedata tulee TIIRA:an LAM-tietokannan rajapintanäkymien kautta, josta se ladataan TIIRA:n SA-alueelle. TIIRA:ssa muokattava tieto ladataan TIIRA:n tietovarastoon DW. Tietovarastosta tiedot muokataan raportteihin sopiviksi ja ladataan lopuksi raporttikantaan DM. Tämän jälkeen tiedot voidaan esittää raporteina. Tämä liikennedatan käsittelyprosessi vastaa ennen vuotta 2017 käytössä ollutta tapaa. Nopeusdata siirretään uudessa toimintatavassa suoraan TIIRA:n tietovarastoon DW, josta se muokataan ja ladataan niin ikään raporttitietokantaan DM. (CGI 2017).

Tämän alaluvun tärkeimpänä ajatuksena on kirkastaa mielikuva siitä, että LAM-järjestelmä ei koostu ainoastaan laskentapististä ja niiltä saatavasta laskentatiedosta. Lopputuloksena saatavien raporttien ja LAM-pisteillä tapahtuvan laskennan välissä toimii laaja tiedonkeruu- ja tietojenkäsittelyjärjestelmä. Tämä järjestelmä on rakennettu toimimaan yhdessä nykyisen laskentalaitekannan kanssa, mistä syystä esimerkiksi laskentalaitevalmistajan vaihtaminen ei liene kovinkaan yksinkertaista.

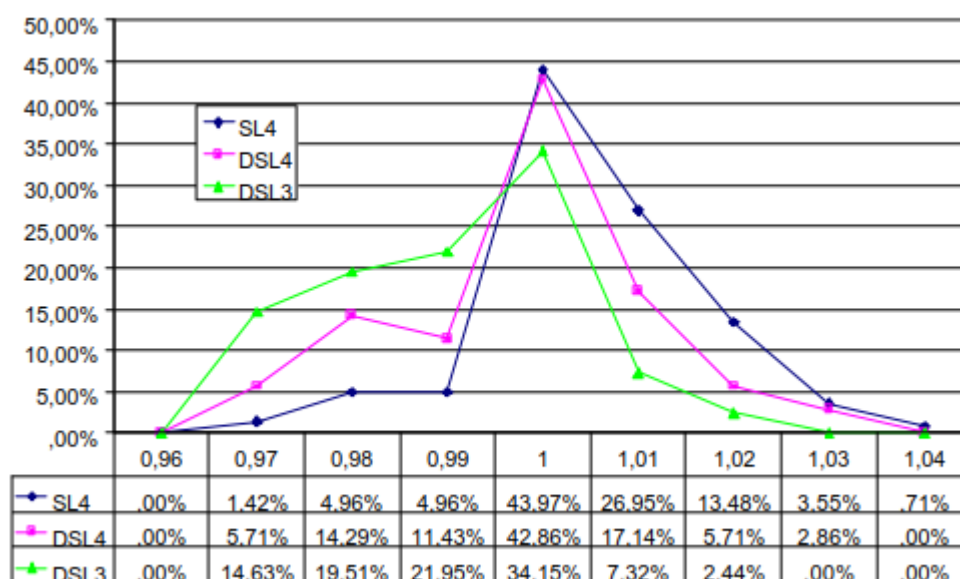
## 2.5 Aiemmat LAM-laaturastelut ja laskentatiedon laatu

LAM-pisteen tuottaman laskentatiedon laatua voidaan arvioida periaatteessa kahdella tapaa: vertailemalla todellisia ajoneuvohavaintoja laskentapisteen tuottamaan dataan tai virheelliseksi merkittävien eli ns. faulty-arvojen perusteella. Parhaan kuvan yksittäisen

LAM-pisteen toimivuudesta saa ensiksi mainitulla tavalla ja se voidaan toteuttaa käytännössä esimerkiksi videotarkasteluna. Jossain määrin videotarkastelun kanssa vertailukelpoinen arvio LAM-pisteen toimivuudesta saadaan laskemalla ajoneuvoja käsin, eli tien sivussa ajoneuvoja merkiten. Tällöin ei kuitenkaan ole mahdollista palata esimerkiksi epäselviin liikennetilanteisiin uudelleen.

2000-luvun alussa on tehty silloisilla 1-ajorataisilla teillä olleita LAM-pisteitä koskeva käsinlaskentatarkastelu, jossa tarkasteltiin LAM-pisteiden toimivuutta ajoneuvoluokittelun ja liikennemäärätiedon osalta. Käsin laskemalla saatujen tulosten ja LAM-pisteiden havaintojen vertailun perusteella vaikutti siltä, että DSL-3 -laitteen laskentatarkkuus kokonaismäärän osalta oli huonompi kuin DSL-4 -laitteen. Koko aineistosta tehtyjen tarkastelujen perusteella DSL-3 -laitteen havaitsema kokonaisajoneuvomäärä oli 1,5% pienempi kuin käsinlaskennassa saatu ajoneuvomäärä. DSL-4 -laitteella vastaava lukema oli 0,7%. (Saastamoinen 2003).

Kuvassa 11 on esitetty testien tulokset laitetyypeittäin. X-akselin arvot kuvaavat sitä, kuinka hyvin käsinlaskentatulokset ja LAM-pisteeltä saatu kokonaisajoneuvomäärä ovat täsmänneet. Alle yhden oleva lukema tarkoittaa, että käsin laskettu tulos on ollut suurempi. Y-akseli kuvaa sitä, kuin suuri osa testatuista laskentapistelistä on kuulunut kuhunkin x-akselin luokkaan.



**Kuva 11:** Käsinlaskentatarkastelun tuloksia. (Saastamoinen 2003).

Ajoneuvoluokittain tehdyn koko aineistoa koskevan tarkastelun tulokset on esitetty taulukossa 2:

**Taulukko 2:** käsinlaskentatulosten ja LAM-tiedon ajoneuvoluokittelun vertailu.

Ajoneuvoluokka	DSL-3	DSL-4
Henkilö- ja pakettiautot	0,980	0,976
Kuorma-autot	1,063	1,083
Linja-autot	1,092	1,189
Puoliperävaunulliset kuorma-autot	0,845	0,751
Täysperävaunulliset kuorma-autot	0,962	1,118
HA tai PA peräkärryt	1,160	1,205
HA ja PA pitkät peräkärryt	1,491	1,778

Taulukon lukemat on laskettu siten, että LAM-pisteiden havaintomäärä on jaettu käsinlaskennasta saadulla havaintomäärällä ja havainnot on otettu koko aineistosta. Alle yhden oleva lukema tarkoittaa sitä, että käsin laskettu ajoneuvomäärä on ollut suurempi kuin LAM-pisteen tietojen mukainen ajoneuvomäärä. (Saastamoinen 2003).

Samassa raportissa esitettiin myös virheellisiksi merkittyihin havaintoihin liittyviä tuloksia. Niitä ei kuitenkaan ole esitetty LAM-pistekohtaisina vaan useampia pisteitä käsittävänä kokonaisuutena. Tarkastelussa mukana olleiden LAM-pisteiden laskentapäivinä DSL-3 -laitteiden ajoneuvohavainnoista virheellisiksi merkittiin kokonaisuudessaan 1,4%. DSL-4 -laitteella vastaava lukema oli hieman alhaisempi, eli 0,9%. (Saastamoinen 2003).

Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, osa LAM-pisteen tekemistä ajoneuvohavainnoista merkitään virheellisiksi. Merkintä tapahtuu LAM-järjestelmässä automaattisesti. LAM-pisteen kaikki havainnot kerätään pistekohtaiseksi LAM-raakadataksi, johon tietyt havainnot merkitään virheellisiksi. Merkintä perustuu puhtaasti siihen, voiko havainto olla tietojensa perusteella oikeellinen. Havainto merkitään virheelliseksi, eli faulty-kohtaan annetaan arvo 1, kun:

- ”vuosi on pienempi kuin 0 tai vuosi on suurempi kuin 99
- päivä on pienempi kuin 1 tai suurempi kuin 366
- tunti on pienempi kuin 0 tai suurempi kuin 23
- minuutti on pienempi kuin 0 tai suurempi kuin 59
- sekunti on pienempi kuin 0 tai suurempi kuin 59
- sadasosasekunti on pienempi kuin 0 tai suurempi kuin 99
- nopeus on pienempi kuin 2 tai suurempi kuin 199
- suunta on pienempi kuin 1 tai suurempi kuin 2
- ajoneuvoluokka on pienempi kuin 1 ja suurempi kuin 7
- kaista on pienempi kuin 1” (Saastamoinen 2017a).

Edellä mainitut merkinnät tehdään suoraan LAM-raakadataan. On huomattava, että edellä olevan listauksen kohta ajoneuvoluokka ei sisällä moottoripyörien luokittelua. Lisäksi LAM-tilasto-ohjelma merkitsee virheellisiksi myös havainnot, joiden:

- pituus on pienempi kuin 1 tai pituus on suurempi kuin 39,8
- epäloogiset suunta-kaistahavainnot. Mikäli LAM-järjestelmään on määritelty suunnan 1 kaistoiksi 1 ja 2 sekä suunnan 2 kaistoiksi 3 ja 4, merkitään virheelliseksi esimerkiksi havainto, jossa suunta = 1 ja kaista = 3. Käytännössä tällainen tilanne voisi olla esimerkiksi moottoritiellä.

Virheelliseksi merkittäessä ei oteta kantaa siihen, onko havainto todellisuudessa ollut havainto, joka esimerkiksi silmukan huonosti ylittäessään sai vääriä arvoja vai onko havainto ollut niin sanottu haamuhavainto. Haamuhavainnolla tarkoitetaan havaintoa, jonka LAM-laite rekisteröi, vaikka todellisuudessa ajoneuvoylitystä ei olisikaan tapahtunut. (Saastamoinen 2017a).

Oletuksena on, että faulty-merkittyjen havaintojen määrällä ja LAM-pisteen havainnointikyvyn epäluotettavuudella on yhteys. Tätä olettamusta tukee esimerkiksi havainto siitä, että samalla homogeenisellä välillä sijaitsevien LAM-pisteiden 246 ja 247 liikennemääräero on noin 5%, mikä kertoisi, että osa virheellisiksi merkityistä havainnoista on haamuhavaintoja. Samalla on kuitenkin todettava, että osa faulty-merkityistä ajoneuvoista vaikuttaisi olevan oikeasti ajoneuvoja. (Saastamoinen 2017a).

LAM-pisteiden laskentatiedon laatua on selvitetty aiemmin mainittujen käsinlaskentatarkastelujen lisäksi videotarkasteluilla yleisen liikennelaskennan laitetestaukseen sekä Norsikt-projektin laitetesteihin liittyen. (Saastamoinen 2011, Yleinen liikennelaskenta 2013). Näitä videotarkastelujen tuloksia on hyödynnetty luvun 5 päätelmien teossa ja ne on esitetty soveltuvien osin kyseisessä luvussa.

Videotarkastelun periaate esitellään tarkemmin niin ikään luvussa 5. Lyhyesti voidaan tässä yhteydessä todeta, että videotarkastelun perusteella saadaan laskettua laskentapisteen toimivuutta kuvaavat erilaisiin virhetyyppisiin pohjautuvat tunnusluvut. Laskentalaite voi antaa seuraavanlaisia virheitä:

- Laite havaitsee luokan k ajoneuvon, mutta luokittelee sen muuhun ajoneuvoluokkaan (tyypin A-virhe)
- Laite havaitsee muun ajoneuvoluokan ajoneuvon, mutta luokittelee sen luokkaan k (tyypin B-virhe)
- Laite tekee havainnon, jota ei todellisuudessa ole
- Laite ei havaitse ajoneuvoa, vaikka sellainen todellisuudessa ohittaa laskentapisteen

Näiden virhetyyppien pohjalta saadaan laskettua seuraavanlaiset laskentapistekohtaiset tunnusluvut:

$$E1 = X / (X+A),$$

eli laskentalaitteen luokkaan k oikein luokittelemien ajoneuvojen ja luokan k todellisen ajoneuvomäärän suhde. Lähteessä käytetään nimitystä VbV-tarkkuus (vehicle-by-vehicle).

$$E2 = (X+B) / (X+A),$$

eli laskentalaitteen kaiken kaikkiaan luokkaan k oikein ja väärin luokittelemien ajoneuvojen summan ja luokan k todellisen ajoneuvomäärän suhde. Lähteessä käytetään nimityksiä otostarkkuus, laskennan tarkkuus tai järjestelmätarkkuus.

$$E1\text{-virhe}\% = (A+B) / (X+A+B),$$

eli luokan k väärään luokkaan luokiteltujen ajoneuvojen ja virheellisesti luokkaan k luokiteltujen ajoneuvojen summan ja oikein sekä väärin luokiteltujen havaintojen summien suhde. Lähteessä käytetään nimitystä luokittelun tarkkuus.

(Overgaard et al. 2008, Saastamoinen 2011, s. 18-19 mukaan).

## 2.6 Laatupuutteiden mahdollisia syitä

LAM-pisteiltä saatavan laskentatiedon laatuun voivat vaikuttaa hyvin monenlaiset tekijät. Seuraavaan listaan on kerätty mahdollisia laatuun vaikuttavia tekijöitä. Osa tekijöistä on noussut esiin tutkimukseen liittyvissä pohdintoissa ja ohjauskeskusteluissa, osa on poimittu lähdedokumenteista, kuten Jokela (2017) ja Saastamoinen (2017a):

- Silmukat on asennettu väärille etäisyyksille toisistaan.
- Silmukat on asennettu muuten ei-optimaalisesti: esim. liian syvälle.
- Silmukat ovat väärän kokoisia suhteessa käytettyyn laskentalaitetyyppiin. Esimerkkinä vanha ja uusi DSL-asennusohje.
- Laskentalaitteen toimivuus on heikentynyt.
- Laskentalaitte on ollut alun perin huonotoiminen.
- Silmukoissa esiintyvän ”kohinan” voimakkuus aiheuttaa virheellistä luokittelua.
- Ajoneuvokaluston mitat ja materiaalit saattavat vaihdella.
- Tieympäristö.
- Ajolinjat ja epäpuhtaat silmukoiden ylitykset.
- Päällystevauriot silmukoiden kohdalla.
- ”Maavuoto”. Tierakenteessa olevan kosteuden ja vioittuneen induktiosilmukajohdon aiheuttama häiriö.

## 2.7 Muut moottoripyöriä havaitsevat laskentalaitteet

Tähän alalukuun on kerätty ulkomaisiin tutkimuksiin ja laatutarkasteluihin liittyviä arvioita siitä, miten muut kuin LAM-pisteverkolla tällä hetkellä käytössä olevat DSL-laskentalaitteet saattaisivat kyetä havaitsemaan moottoripyöriä.

Laskentalaitteiden laatutarkasteluita etsittäessä löytyi laskentalaitteita, joiden kerrottiin havaitsevan moottoripyöriä, mutta lähes järjestään minkään niistä yhteydessä ei esitetty sitä, kuinka tarkasti ne moottoripyöriä havaitsevat. Poikkeuksena mainittakoon Q-free companyn (2017) TDC-systems-laitteet, joiden kerrotaan luokittelevan moottoripyörät n. 95% tarkkuudella. Kyseessä on laitemallista riippuen sähkömagneettiseen induktioon tai sähkömagneettiseen induktioon ja pietsosähköiseen sensoriin perustuvista laitteista.

Kaewkamnerd et al. (2010) ovat tutkineet magneettisensorilaskimen toimivuutta liikennelaskennassa ja ajoneuvoluokittelussa. Tutkimuksen tuloksena todetaan, että esimerkiksi muista ajoneuvoluokista poikkeavan pituuden johdosta laitteisto oli havainnut ja luokitellut oikein kaikki tutkitut 24 moottoripyörää. Sen sijaan muiden ajoneuvojen luokittelu oli ollut heikompaa: esimerkiksi henkilöautoista 82,46% oli luokiteltu oikein. Magneettisensorilaskinta ovat tutkineet myös Cheung et al. (2004). Moottoripyörien luokittelusta ei kyseisessä tutkimuksessa kerrota suoraan, mutta laitteiston kerrotaan havainneen 332 ajoneuvosta 330 ja havaitsematta jääneiden kahden ajoneuvon uskotaan olevan moottoripyöriä. Tutkituista ajoneuvoista moottoripyöriä oli 5 kappaletta, joten mikäli tutkijoiden uskomus pitää paikkansa, ei kyseisen laitteiston kyky havaita moottoripyöriä ollut yhtä hyvä kuin toisessa tutkimuksessa.

Tutkimustietoa löytyi myös pietsosähköiseen sensoriin perustuvasta liikennelaskennasta ja ajoneuvoluokittelusta. Yhdysvalloissa on käytössä ainakin osalla kiinteistä laskenta- ja vaakapisteistä laitteisto, joka koostuu sähkömagneettisista induktiosilmukoista ja pietsosähköisistä sensoreista. Tyypillisesti pietsosähköiset sensorit on asennettu tiehen ajosuuntaan nähden vaakasuorasti. Refai (2013) on tutkinut, voisiko ajosuuntaan nähden vinosti asennettuja pietsosähköisiä sensoreja käyttää, jotta esimerkiksi moottoripyörien havaitseminen ja luokittelu paranisi. Tutkittu tapa perustuu mittauspisteen ylittävän ajoneuvon renkaiden pietsosähköiseen sensoriin aiheuttamiin ”pulsseihin”. Moottoripyörät, joissa on muista ajoneuvoluokista poiketen vain kaksi rengasta, aiheuttavat kaksi pulssia ja tulivat tutkimuksessa esitettyjen testien perusteella lähes järjestään oikein luokitelluiksi.

Chu et al. (2016) esittelevät erään sähkömagneettiseen induktioon perustuvan laitteiston kykyä havaita ja luokitella moottoripyöriä. Esiteltyssä tekniikassa ajoneuvojen havaitseminen ja luokittelu perustuvat siihen, että erilaiset ajoneuvot aiheuttavat erilaiset muutokset induktiosilmukan magneettikenttään. Esitellyjen tulosten perusteella todellisista 83 moottoripyörästä luokiteltiin oikein 60.



## 2.8 Laskentapisteverkon muodostaminen

Laskentalaitteiden liikenneverkolle sijoittamiseen ja tarvittavan laskentapistemäärän arviointiin liittyviä tieteellisiä tutkimuksia on tehty jonkin verran. Näitä tutkimuksia läpi käymällä pyrittiin löytämään sopiva tapa moottoripyörälaskentaverkon muodostamiseksi tai tutkimuksista pyrittiin löytämään ideoita sopivan tavan kehittämiseksi.

Eräissä tutkimuksissa, kuten Ehlert et al. (2005) tekemässä, laskentapisteidien sijainteja pyritään optimoimaan siten, että saataisiin parannettua lähtöpaikka-määränpäämalleja. Tällöin oleellisena lähtötietona käytetään esimerkiksi tietoja jo käytössä olevien lähtöpaikka-määränpäämallien reittivalinnoista. Myös esimerkiksi Gentili et al. (2012) käyttämässä laskentapisteidien sijoittelun optimointitavassa oleellinen lähtötieto on, mitä reittiä ajoneuvot kulkevat, vaikka tavoitteena ei välttämättä lähtöpaikka-määränpäämallin parantaminen olekaan. Vaikka ajoreittien lisäksi tutkimuksissa käytetään muitakin lähtötietoja, kuten liikennemääriä, on aiempi reittitieto vaatimuksena lähes kaikissa löydettyistä tutkimuksista.

Ng (2012) tekemä tutkimus tekee kuitenkin poikkeuksen. Laskentalaitteiden määriä arvioitiin melko yksinkertaisella ja vähiin lähtötietoihin perustuvalla tavalla. Tarkasteltava tieverkko kuvataan noodien ja linkkien yhdistelmänä, jossa osa noodeista toimii lähtö- tai määränpäinä, ja osalla noodeista liikenteen oletetaan pysyvän vakiona. Noodien ja linkkien pohjalta muodostetaan verkkoa kuvaava matriisi, josta selvitetään matriisioperaatioin ne linkit, joille laskentalaitteet tulisi sijoittaa. Loppujen linkkien liikennemäärät arvioidaan laskettavien linkkien tietojen pohjalta.

Edellä esitelty tutkimus pohjautuu osin Hu et al. (2009) tekemään tutkimukseen. Siinäkin tieverkkoa kuvataan noodien ja linkkien avulla, muodostetaan näihin perustuva matriisi ja selvitetään matriisioperaatioin ne linkit, joille laskentalaitteita tulisi sijoitella. Kyseisessä tutkimuksessa käytettävä matriisi sisältää kuitenkin tietoja reiteistä.

Melko kattavan kuvan aihealueeseen liittyvästä tieteellisestä tutkimuksesta saa Castillo et al. (2015) tekemästä kirjallisuusselvityksestä. Katsauksesta käy ilmi, että tutkimukset voidaan jakaa ongelman tarkemman luonteen mukaan ns. liikennevirtojen tarkastelun ongelmaan, liikennevirtojen estimoinnin ongelmaan tai ennustamisongelmaan liittyviin tutkimuksiin.

Liikennevirtojen tarkastelun ongelmassa pyritään selvittämään ne väylät, eli linkit, joiden liikennettä tarkastelemalla pystyttäisiin arvioimaan loppujen väylien liikennemäärät yms. (Castillo et al. 2015). Esimerkiksi aiemmin mainitut Hu et al. (2009) ja Ng (2012) tekemät tutkimukset kuuluvat tähän kategoriaan.

Liikennevirtojen estimointiongelmassa pyritään tiettyjen väylien liikennettä tarkastele-  
malla sekä sopivilla matemaattisilla malleilla tai aiempien reittitietojen perusteella arvi-

oimaan mahdollisimman tarkasti ei-tarkasteltavien väylien liikenteen tunnuslukuja. Ennustamisongelmaan liittyvissä tutkimuksissa pyritään nimensä mukaisesti ennustamaan liikennettä esimerkiksi tilastoihin ja reittivalintakäyttäytymiseen pohjautuvien ennustemallien perusteella. (Castillo et al. 2015).

Eräänä laskentalaitteiden sijoittelun tapana mainittakoon vielä alkuperäisen LAM-verkon muodostamistapa. Sen teoria on esitetty luvussa 2.1.

### 3. KÄYTETTYJEN MENETELMIEN ARVIOINTI

Tässä luvussa on esitelty lyhyesti tutkimuksessa käytetyt menetelmät sekä pohdittu mahdollisiin vaihtoehtoihin menetelmiin liittyviä kysymyksiä. Käytettyjen tutkimusmenetelmien tarkat kuvaukset löytyvät tulosten yhteydestä. Tutkimuksessa läpi käytävistä kolmesta pienemmästä osakokonaisuudesta johtuen menetelmät on esitelty osakokonaisuuskohtaisesti.

#### 3.1 Virhemäärätarkastelut ja -analyysit

Tätä tutkimusta aloitettaessa tarkoituksena oli ainoastaan laskea virhemääriin liittyviä LAM-pistekohtaisia osuuksia ja siten kartoittaa, onko joillekin LAM-pisteille tarpeen ehdottaa laskentalaitteen vaihtoa tai muuta korjaustoimenpidettä. Työn edetessä kyseisten laskelmien tekemisen arvioitiin olevan tehokkaampaa kolmannen osapuolen tekemänä. Laskelmien saamisen myötä virhemääriin liittyvän ongelman todellinen monipuolisuus ja laajuus selvisivät, jolloin tähän tutkimukseen liittyen nähtiin tarpeelliseksi syventää virhemääriin liittyvää ymmärrystä.

Tutkimuksessa haluttiin täten selvittää, mitkä tekijät aiheuttavat havaintojen virheellisiksi merkitsemisen. Lisäksi haluttiin selvittää vaikuttaako LAM-pisteellä tehtävä laskentalaitteen vaihto virhemääriin ja voidaanko virhemäärien perusteella tehdä laajempia yleistyksiä.

Ajoneuvohavaintojen virheellisiksi merkitsemisten aiheuttajat oli luontevinta selvittää visuaalisten havaintojen ja laskentapisteen datan vertailuna. Tässä tutkimuksessa käytettävä videotarkastelu on käytössä olleista menetelmistä paras ja tarkin, joten vaihtoehtoista menetelmää ei ollut.

Laskentalaitteen vaihdon vaikutuksen selvittämiseksi tarkasteltiin sitä, miten virhemäärät muuttuvat LAM-pisteellä tehtävän laitevaihdon myötä. Käyttökelpoista vaihtoehtoista menetelmää tälle ei löydetty.

Virhemääriin liittyvän ymmärryksen syventämiseksi tehtiin tilastollisia analyyskejä. Käytetyt analyysit valikoitiin aiheeseen liittyvän kirjallisuuden perusteella. Koska tavoitteena oli esimerkiksi laitemalleihin ja ohjelmistoversioihin liittyvien virhemäärien saman- tai erilaisuuksien selvittäminen, oli virhemääriin liittyvien jakaumien tilastollinen tarkastelu luontevin tutkimusmenetelmä.

## 3.2 DSL-6 -laitteen mittaustiedon laatu

Tämä tutkimuksen osa-alue päädyttiin toteuttamaan videotarkasteluja käyttäen. Käytännössä ainoa kohtuullisen luotettava ja jollain tasolla vertailukelpoinen menetelmä olisi ollut käsinlaskenta, mutta videotarkastelu on siihen verrattuna paljon tarkempi ja tehokkaampi tapa.

Videotarkastelujen tulosteiden käsittelytapa on itse kehittämäni ja sen kuvaus löytyy kapaleesta 5.3. Tulosteiden käsittelyn jälkeen laskettavat, laskentalaitteen laatua kuvaavat tunnusluvut on laskettu luvussa 2.5 esiteltävällä tavalla. Vaihtoehtoisia laskentatapoja ei tätä tutkimusta varten nähty tarpeelliseksi selvittää, koska käytetty laskentatapa on vertailukelpoinen aiempien LAM-laaturakastelujen kanssa. Tutkimuksen toimeksiannossa oli määritetty verrattavan DSL-6 -laitteen laatua nimenomaan aiempiin LAM-laaturakasteluihin.

## 3.3 Moottoripyörälaskentaverkko

Moottoripyörälaskentaverkon muodostamisen yhteydessä on esitetty eri lähteistä löydetty arviot moottoripyöräilyn ajoneuvosuoritteesta ja nykyiseen laskentatietoon perustuva arvio moottoripyöräilyn kausivaihtelusta. Lopuksi on annettu esitys muodostettavasta laskentaverkosta.

Moottoripyöräilyn ajoneuvosuoritearviot on kerätty tai laskettu eri lähteiden perusteella. Vaihtoehtoista menetelmää tälle ei oikeastaan ole. Sama pätee myös kausivaihtelukäyrän muodostamiseen. Suomen moottoripyöräilyn kausivaihtelusta ei ole laskentatiedon puutteesta johtuen ollut aiemmin tietoa, joten ainoa tapa kausivaihtelukäyrän muodostamiseksi oli kerätä tiedot käytössä olevilta, moottoripyöräilijöiden havaitsemiseen kykeneviltä LAM-pisteiltä.

Moottoripyörälaskentaverkon muodostamiseksi käytiin läpi aiheeseen liittyviä kansainvälisiä tutkimuksia, joista osa on esitelty luvussa 2.8 Lähtötietojen rajallisuudesta johtuen esimerkiksi luvussa 2.8 esitetyt liikennevirtojen estimointiin liittyvät tutkimukset piti sulkea pois. Sama päti myös ennustamiseen liittyviin tutkimuksiin. Näin ollen niitä ei pystytty käyttämään moottoripyörälaskentaverkon muodostamisessa, eikä niistä myöskään pystytty poimimaan ideoita uuden muodostamistavan tekemiseksi. Lähtötietojen rajallisuudella tarkoitetaan sitä, että Suomen moottoripyöräilystä ei ole juurikaan saatavilla aiempaa tietoa.

Liikennevirtojen tarkastelun ongelmaan liittyvät tutkimukset vaikuttivat löydettyistä tutkimuksista sopivimmilta, koska niissä oli hyvin vähäiset lähtötietovaatimukset. Tutkimuksiin liittyvien testausten myötä selvisi melko pian, että koko valtakunnan laajuisella päätieverkolla laskentalaitemäärästä olisi tullut valtava. Etenkin, kun homogeenisten välien yhdistelemiselle moottoripyöräilyn näkökulmasta ei ollut mitään perusteita.

Näin ollen laskentapisteverkko päätettiin muodostaa samaan tapaan kuin alkuperäinen LAM-pisteverkko on muodostettu. Tämä tapa pienine muutoksineen on esitetty luvussa 6.3.

## 4. VIRHEMÄÄRÄTARKASTELUT JA -ANALYYSIT NYKYISELLÄ LAM-VERKOLLA

Työn tässä luvussa on pyritty selvittämään erilaisia virheelliseksi merkittäviin ajoneuvohavaintoihin, eli ns. faulty-arvoihin liittyviä asioita. Ajoneuvohavaintojen virheelliseksi merkitsemisen perusteet on kerrottu luvussa 2.5. Luvun alussa on esitetty videotarkasteluun perustuva arvio siitä, mitä faulty-arvot todellisuudessa ovat. Yksittäisen LAM-pisteen faulty-arvojen pitkän aikavälin aineiston perusteella on pyritty selvittämään, minkälaista ajallista vaihtelua virheellisiksi merkittäviin arvoihin liittyy ja täten pyritty selvittämään, kannattaako kyseisten arvojen perusteella arvioida laitteen toimivuutta esimerkiksi päivä- vai vuositasolla. Myös laitetyypin vaihdon vaikutusta virheelliseksi merkitävien arvojen osuuteen on selvitetty kahdella LAM-pisteellä, joilla laitetyyppi on vaihdettu alkuvuonna 2017.

Yksittäisiin LAM-pisteisiin liittyvien virhemäärätarkastelujen lisäksi on tehty kaikkia LAM-pisteitä koskevia analyysejä sen selvittämiseksi, voitaisiinko esimerkiksi laitemalleilla, tietyypeillä tai kaistamäärillä ja virheelliseksi merkittävien havaintojen osuuksilla todeta olevan jonkinlaista yhteyttä.

Luvussa vastataan seuraavaan tutkimuskysymykseen: Voidaanko virheellisiksi merkittyjen ajoneuvohavaintojen perusteella päätellä jotakin nykyisen LAM-verkon toimivuudesta ja laskentatiedon laadusta?

### 4.1 Mitä virheellisiksi merkittävät ajoneuvohavainnot ovat?

Virheellisiksi merkittävien ajoneuvohavaintojen ”luonteen” selvittämiseksi tehtiin videointi korkean (n. 9,4% vuonna 2017) faulty-arvon LAM-pisteellä 249, jonka perusteella selvitettiin erilaisissa liikennetilanteissa esiintyvien faulty-merkittyjen arvojen syntysytä. Videointi tehtiin kyseisellä LAM-pisteellä siksi, että korkean faulty-osuuden takia voitiin olettaa videointiajankohdalla esiintyvän enemmän virheelliseksi merkittäviä ajoneuvohavainnoita kuin matalamman faulty-osuuden LAM-pisteellä. Tarkastelu tehtiin siten, että LAM-raakadatan faulty-merkityille ajoneuvohavainnoille etsittiin videokuvan perusteella aiheuttaja. Tarkastelut tehtiin 27.6. klo 11–15 ja 20–23, joten mukana on kohatuullisen vilkkaan ja rauhallisemman ajanjakson faulty-merkittyjä havainnoita. Kaikista ruuhkaisimpia aikoja ei valittu mukaan tarkasteluun, koska tällöin faulty-merkinnän aiheuttajan selvittämiseen liittyvä väärän tulkinnan tekemisen todennäköisyys olisi ollut liian suuri. LAM-piste 249 sijaitsee kaksiajorataisella nelikaistaisella tiellä. Tarkastellun 96 faulty-merkityn havainnon perusteella löytyi kuusi erilaista tapausta, joissa havainto oli merkitty virheelliseksi:

- Haamuhavainto. Todellista ajoneuvoylitystä ei tapahdu. (15 kpl)
- Ajoneuvo, jota ei oletetakaan havaittavan. Esim. videolla näkynyt kolmipyöräinen ”trike”. (1 kpl)
- Toiseen faultyyn liittyvä faulty. Esim. normaali ajoneuvoylitys, joka rekisteröityy kahtena virheellisenä. (8 kpl)
- Epäpuhdas ajoneuvoylitys, joka rekisteröityy kahtena havaintona. Toinen merkitään virheelliseksi. (19 kpl)
- Epäpuhdas ajoneuvoylitys, joka rekisteröityy yhtenä virheelliseksi merkittävänä havaintona. Henkilö- tai pakettiautoja. (8 kpl)
- Normaali ajoneuvoylitys. Noin puolet raskaita ajoneuvoja, noin puolet henkilö- tai pakettiautoja. (45 kpl)

Edellä mainituista tapauksista neljä ensimmäistä ovat sellaisia, jotka pitääkin merkitä virheellisiksi ja tulee poistaa lopullisesta laskentatuloksesta. Näitä esiintyi yhteensä 43 kappaletta, eli niitä oli noin 45% virheellisiksi merkityistä havainnoista. Jälkimmäiset kaksi tapausta ovat sellaisia, että niiden olisi pitänyt jäädä merkitsemättä virheellisiksi. Näitä esiintyi 53 kappaletta, eli ne käsittivät noin 55% kaikista faultyista. Tarkemmat määrät on merkitty kunkin tapauksen perään listassa. Karkeasti ottaen voitaisiin siis arvioida, että noin puolet virheellisiksi merkittävistä havainnoista pitäisi jäädä merkitsemättä.

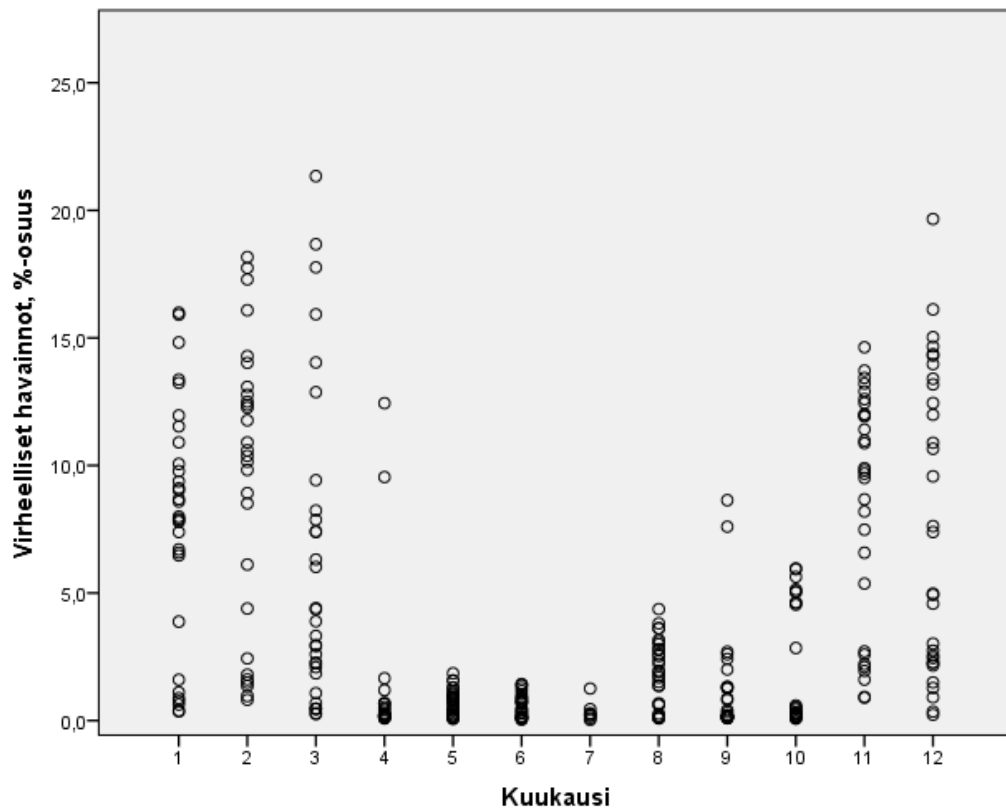
## 4.2 Pistekohtaiset faulty-tarkastelut

LAM-pisteen 252 virheelliseksi merkittyjen havaintojen perusteella on tehty pistekohtainen virhemäärätarkastelu, jonka avulla on pyritty selvittämään faulty-merkittyihin arvoihin liittyviä ajallisia kysymyksiä. Tämän työn kannalta oleellista on selvittää, olisiko tietyn LAM-pisteen toimivuutta faulty-arvojen kannalta paras tarkastella päivittäisen, kuukausittaisen vai vuosittaisen faulty-osuuden perusteella.

Tarkasteluissa on käytetty päiväkohtaisia virhemäärätietoja vuosilta 2006–2016, koska niiltä on olemassa tietoja koko vuoden ajalta. Pisteellä 252 on aina ollut DSL-4 -laite, mutta laiteyksilö on vaihdettu 23.3.2017. Tästä johtuen LAM-pisteen 252 laskentatietojen perusteella on pystytty selvittämään, miten laitteen vaihto on vaikuttanut virheelliseksi merkittävien havaintojen osuuksiin. Tällöin mukana tarkasteluissa on myös vuoden 2017 virhemäärätietoja. Laskentalaiteyksilö on vaihdettu alkuvuodesta 2017 myös LAM-pisteelle 247, jonka laskentadatan perusteella on niin ikään selvitetty laitteen vaihdon vaikutusta faulty-arvojen osuuksiin. Kyseiset LAM-pisteet valittiin pistekohtaisiin tarkasteluihin paitsi aiemman korkean faulty-osuuden takia myös siitä syystä, että niille tehtyjen laitevaihtojen perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä laitevaihdon vaikutuksesta.

Tarkasteltaessa LAM-pisteen 252 havaintoja esimerkiksi vuodelta 2007, voidaan havaita päiväkohtaisten arvojen vaihtelevan tiettyinä kuukausina erittäin paljon: esimerkiksi maaliskuussa pienimmät päiväkohtaiset virheosuudet ovat lähellä nollaa, kun taas pahimpana

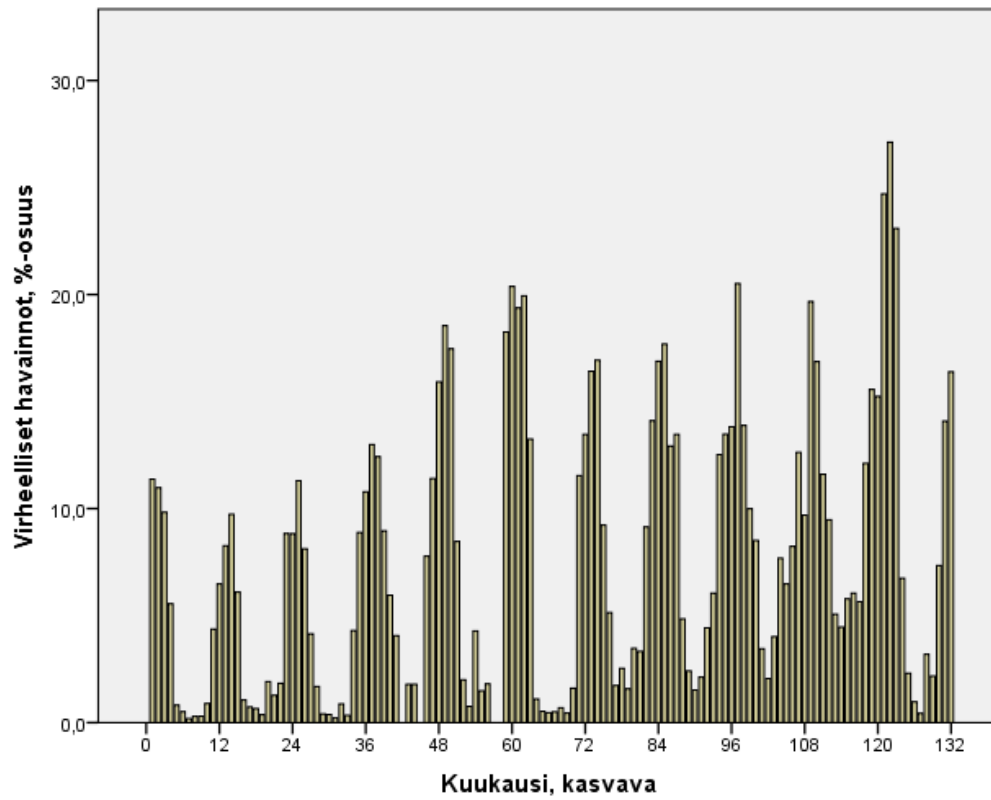
päivänä virheelliseksi on merkitty yli 20% kaikista havainnoista. Tähän liittyvä hajontakuvio on nähtävissä kuvassa 12. LAM-pisteen 252 tietoihin tutustumisen perusteella näyttää siltä, että päiväkohtainen hajonta on suurta vuodesta toiseen.



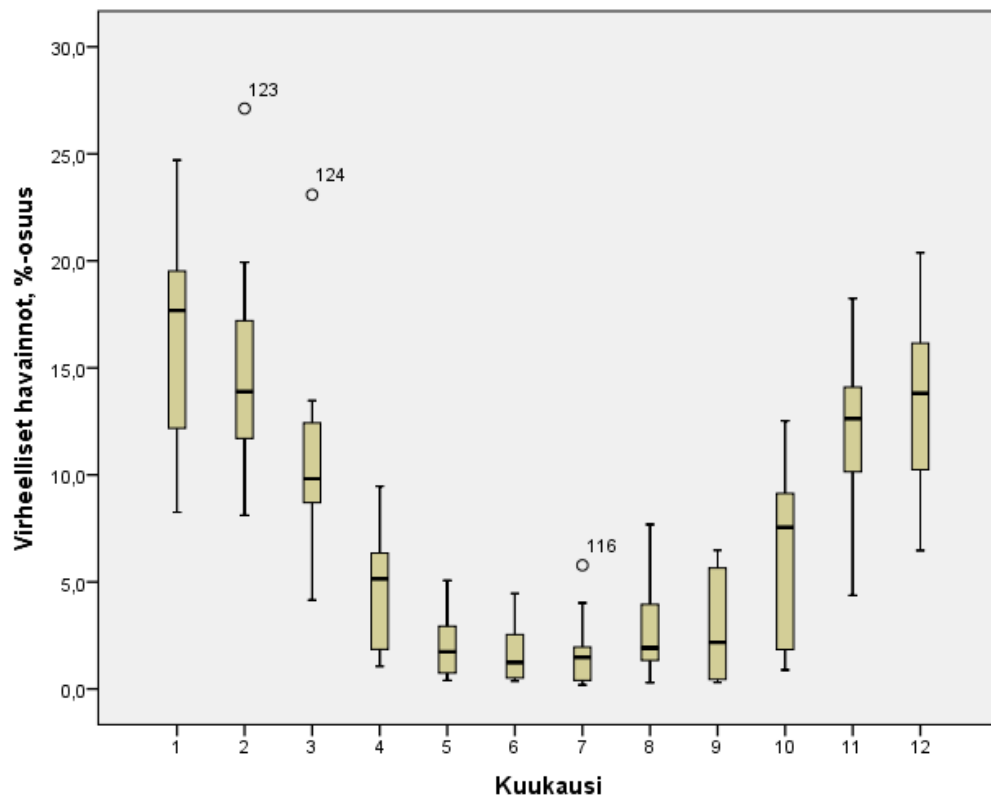
**Kuva 12:** LAM-pisteen 252 päiväkohtainen vaihtelu eri kuukausina, vuosi 2007.

Hyvin suurta vaihtelua virheelliseksi merkittyjen havaintojen osuuksissa vaikuttaisi olevan myös kuukausitason tarkasteluissa. Koko tarkasteluvälin osalta kuukausittaiset arvot ovat nähtävissä kuvassa 13. Kuvasta nähdään selvästi, että faulty-osuuksissa esiintyy tietynlaista aaltoliikettä siten, että ”aallonpohjat ja -harjat” esiintyvät jotakuinkin tasavälein. Kun samaa asiaa tarkastellaan kuvassa 14 näkyvällä boxplot-kaaviolla siten, että x-akselilla ovat kuukaudet yhdistettyinä useilta vuosilta ja y-akselilla ovat kuukausikohtaisten virheiden prosenttiosuudet, voidaan havaita, että talvikuukausina virheelliseksi merkittyjen arvojen osuus on suurempi kuin kesäkuukausina.



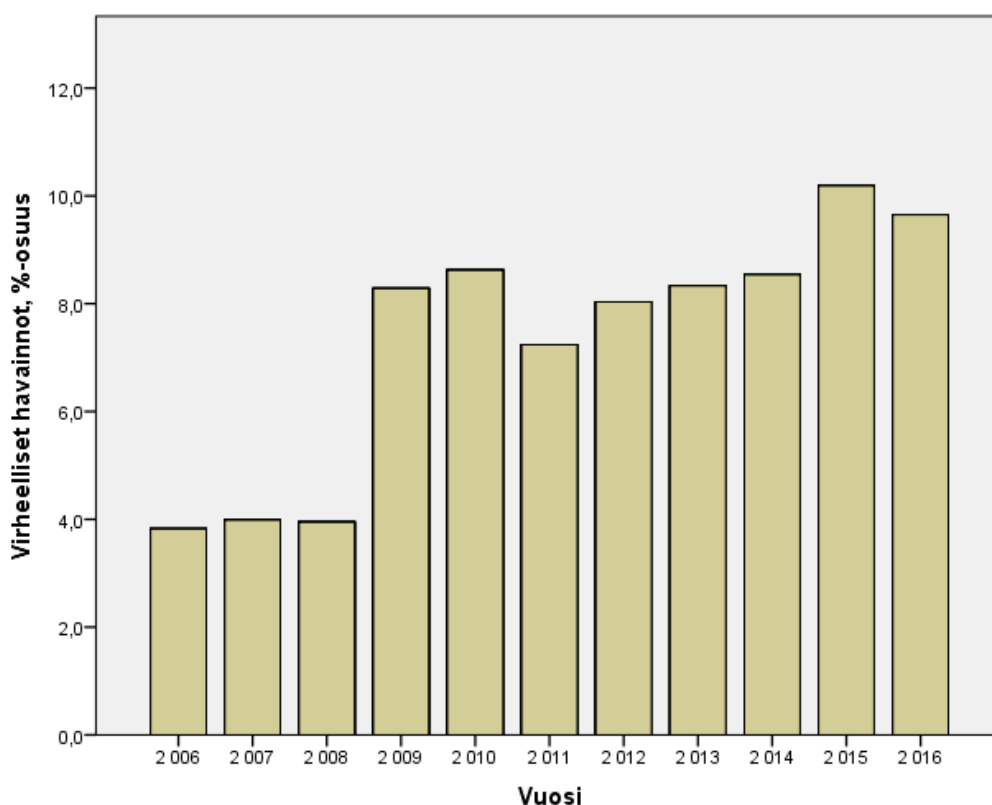


**Kuva 13:** Kuukausittaiset virheellisten havaintojen osuudet vuosina 2006-2016.



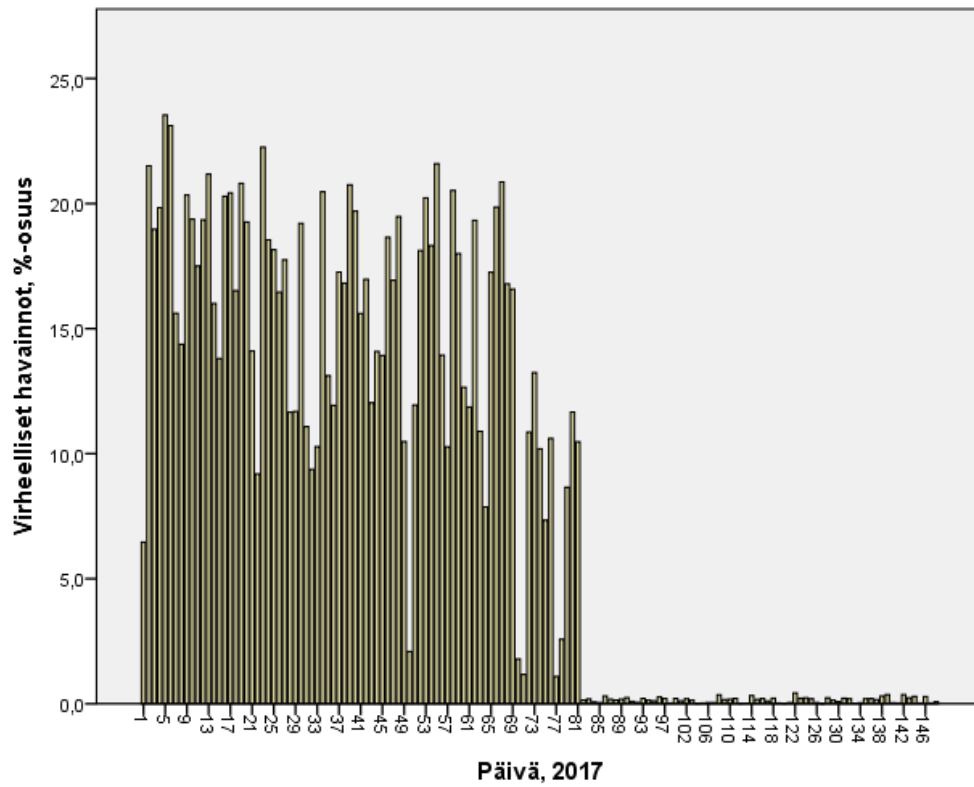
**Kuva 14:** Tarkasteluvuosien 2006-2016 kuukausittaiset virheelliset havainnot yhdistettynä.

Faulty-merkittyjen arvojen osuuksia vuositasolla tarkasteltaessa vaikuttaisi siltä, että peräkkäisten vuosien virheosuudet ovat saattaneet vaihdella muutaman prosenttiyksikön verran suuntaan tai toiseen, mutta esimerkiksi todella vähävirheisiä vuosia ei LAM-pisteen 252 kohdalla ole tarkasteluaikana ollut. Vuosikohtainen kuvaaja on esitetty kuvassa 15. Sen perusteella vaikuttaisi, että virhemäärät ovat kasvaneet jossain määrin ajan myötä. Pearsonin korrelaatiotesti vaikuttaisi tukevan edellä mainittua havaintoa, sillä korrelaatiokertoimen arvoksi saadaan 0,894 ( $p=0,000$ ).

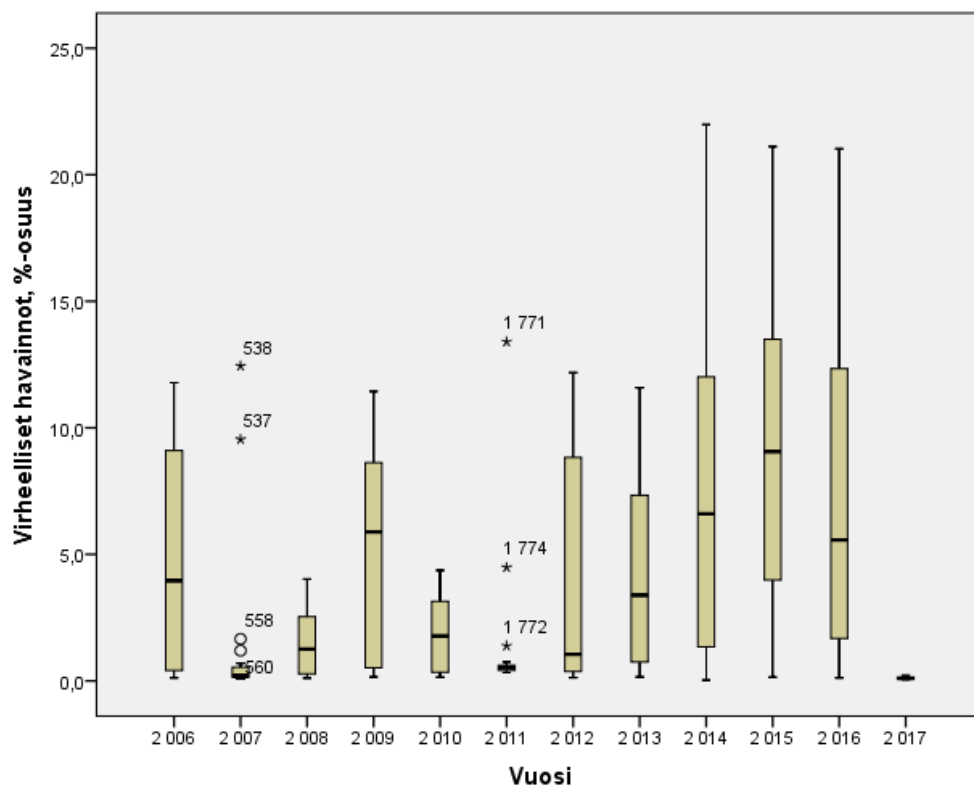


**Kuva 15:** Virheellisiksi merkityt havainnot vuositasolla.

LAM-pisteelle 252 tehty laitteen vaihto vaikuttaisi laskeneen virheelliseksi merkittävien havaintojen määrää erittäin merkittävästi. Tämä on nähtävissä kuvista 16 ja 17. Kuvassa 16 on esitetty päiväkohtaiset faulty-merkittyjen arvojen %-osuudet vuodelta 2017, joista voidaan havaita päivittäisten virheosuuksien selkeä pienentyminen. Kuvassa 17 on esitetty vuosien 2006–2017 huhtikuiden päiväkohtaisiin virheosuuksiin liittyvä boxplot-kaavio, josta voidaan tehdä seuraava johtopäätös: laitteen vaihdon jälkeinen huhtikuu eroaa merkittävästi lähes kaikkien edeltäneiden vuosien huhtikuista.

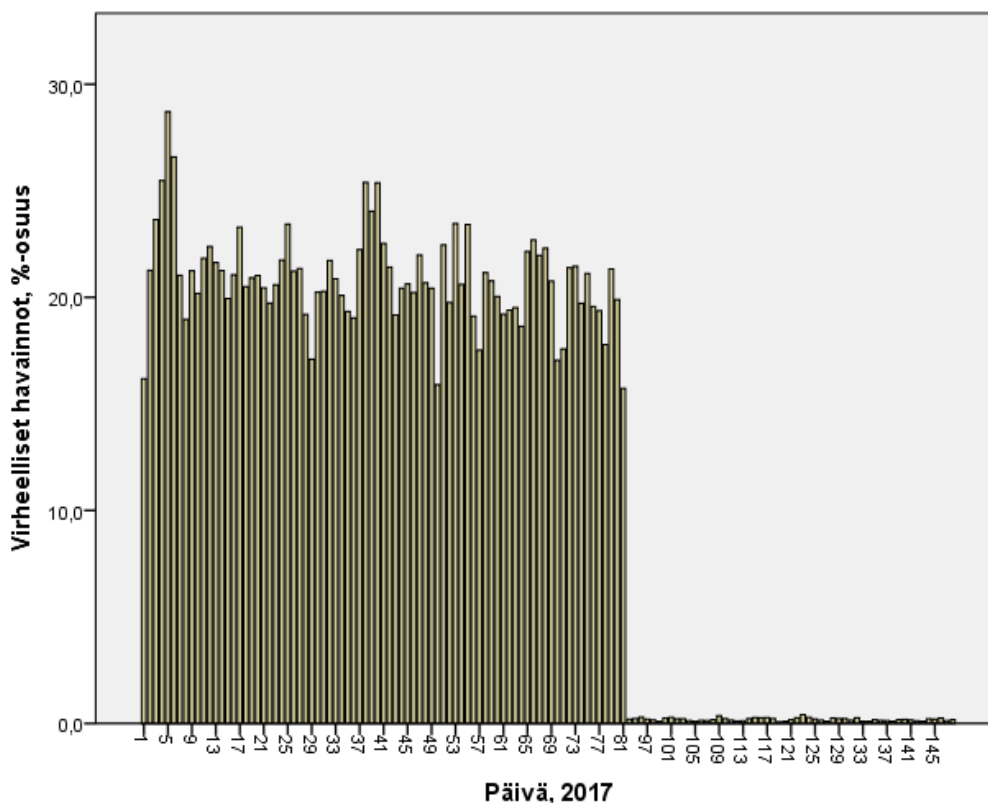


*Kuva 16: Päiväkohtaiset faulty-havainnot vuonna 2017, piste 252.*



*Kuva 17: peräkkäisten vuosien huhtikuiden päiväkohtaiset virheosuudet.*

Myös pisteellä 247 voidaan havaita laitteen vaihdon laskeneen faulty-arvoa erittäin merkittävästi. Päiväkohtaiset virheosuudet vuoden 2017 alusta on esitetty kuvassa 18.



*Kuva 18: Päiväkohtaiset faulty-havainnot vuonna 2017, piste 247.*

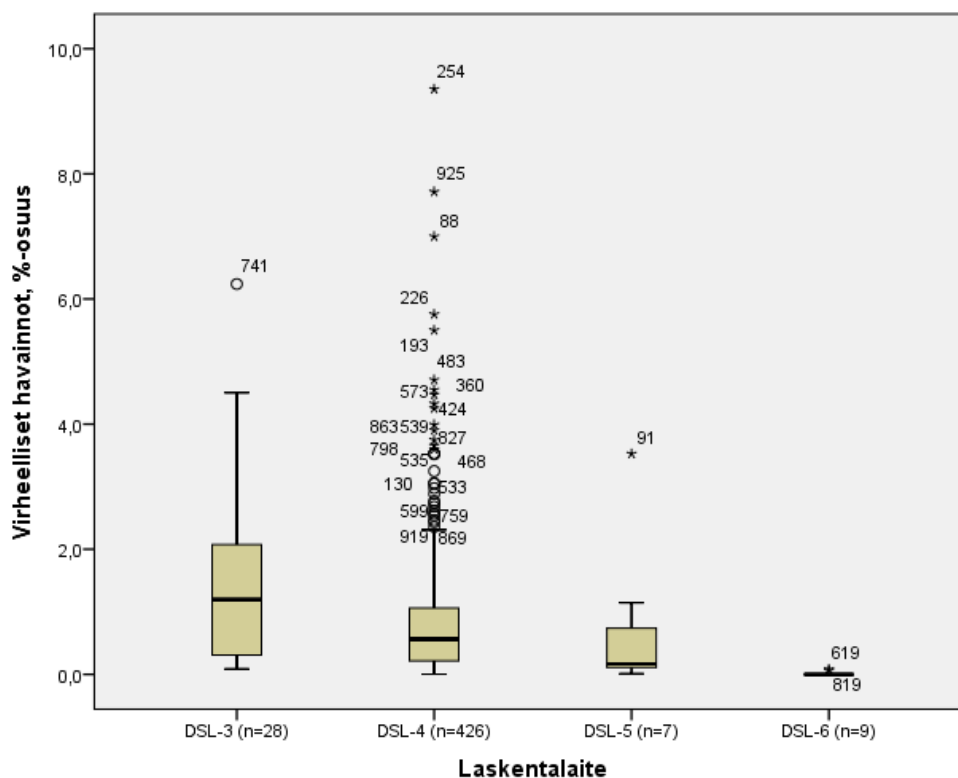
### 4.3 Kaikkia LAM-pisteitä koskevat faulty-analyysit

Tässä aluvuossa on selvitetty, voidaanko virheelliseksi merkittyjen havaintojen osuuksien perusteella tehdä johtopäätöksiä siitä, että tietty laitemalli toimii paremmin kuin jokin toinen tai esiintyykö jonkin alueen LAM-pisteillä suurempia faulty-osuuksia kuin muualla. Lisäksi on selvitetty, onko kaistamäärällä, tietyypillä, LAM-pisteen perustamisvuodella, LAM-laitteessa olevan ohjelmiston päivitysvuodella tai laiteversiolla vaikutusta faulty-merkittyjen havaintojen osuuksiin. Analyysit on tehty LAM-pisteiden vuoden 2017 vuosikohtaisten faulty-merkittyjen havaintojen osuuksien perusteella. Toisin sanoen kultakin LAM-pisteeltä on laskettu, kuinka monta prosenttia kaikista ajoneuvohavainnoista on merkitty vuoden 2017 toukokuun loppuun mennessä virheellisiksi. Analyysien tekemistä varten ne LAM-pisteet on jätetty pois tarkasteluista, joille tiedetään tehdyn laitetyypin vaihto vuoden 2017 aikana.

Virhemäärätarkasteluissa on tarkasteltu nimenomaan virheellisiksi merkittyjen havaintojen prosenttiosuuksia kaikista havainnoista sekä niihin liittyviä jakaumia. Vaikka raportoinnissa käytetään välillä termejä virhemäärä, virheelliset havainnot ja faulty-merkintä, missään tarkasteluissa ei käsitellä absoluuttisia määriä.

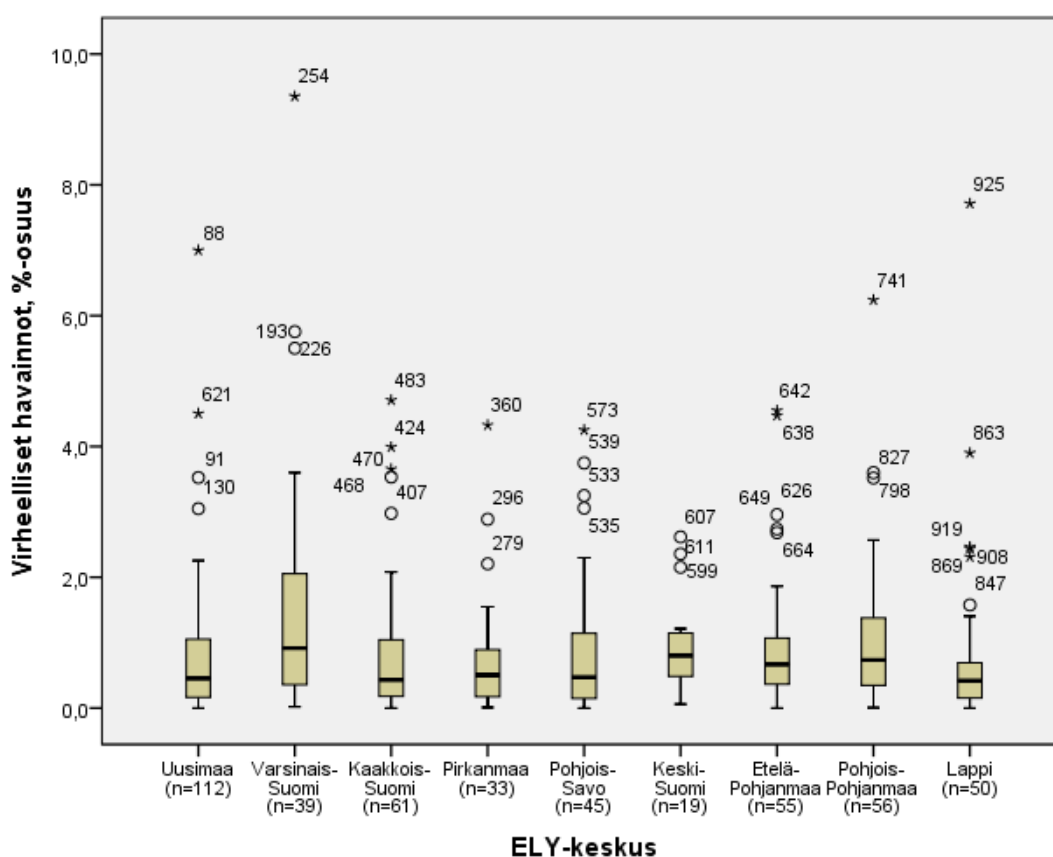
Tilastollisten testien valitsemiseksi on käyty läpi aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, kuten Tilastollinen tutkimus (Heikkilä 1998) ja tilastollisen analyysin perusteet (Laininen 2000), minkä lisäksi testien soveltuvuutta on tarvittaessa arvioitu myös internet-lähteiden, kuten Akin menetelmäblogi -sivuston (Taaniola 2017) ja Laerd Statistics -palvelun (Lund research Ltd 2017) perusteella. Internet-lähteiden perusteella on pyritty lähinnä varmistamaan tietyn menetelmän soveltuvuus kussakin tapauksessa. Edellä mainittuihin lähteisiin ei ole normaalikäytännöstä poiketen viitattu enää tekstissä, sillä usein päätös jonkin menetelmän soveltuvuudesta tai sopimattomuudesta on tehty useamman lähteen perusteella. Analyysit on tehty käyttäen SPSS-ohjelmistoa. SPSS-ohjelmistolla tehdyissä kuvaajissa esiintyvät ”satunnaiset” pisteet ja niihin liittyvät numerot eivät liity LAM-pisteiden numeroihin vaan ne ovat ns. vieraita havaintoja ja niihin liittyviä numerointeja.

Laitemallikohtaisten virhejakaumien ”muodon” ja havaintomäärien perusteella laitemallien testaukseen soveltuvimmaksi testiksi valikoitui ei-parametrinen Kruskal-Wallis -testi, jonka käyttö ei edellytä jakaumien normaalisuutta ja vertailu voidaan tehdä useamman ryhmän välillä. Testin nollahypoteesina on, että jakaumat ovat samanlaisia kaikkien vertailtavien ryhmien välillä. Testin perusteella DSL-6 -laitteellisten LAM-pisteiden virhejakauma ei vaikuttaisi olevan samanlainen DSL-3 eikä DSL-4 -laitteellisten LAM-pisteiden virhejakaumien kanssa. Muiden laitteiden virhejakaumia ei testin perusteella voida todeta toisistaan poikkeaviksi. Kruskal-Wallis -testin laitetyyppikohtainen vertailu on esitetty liitteessä A. Lisäksi kunkin laitemallin virhejakaumiin liittyvä boxplot-kaavio on esitetty kuvassa 19.



**Kuva 19:** Laitemallikohtaiset virhejakaumat.

Faulty-jakaumien mahdollisia eroavaisuuksia tutkittiin myös eri maantieteellisten alueiden, tässä tapauksessa ELY-keskusten väleillä. Käsiteltävät ELY-keskukset ovat Uusimaa (1), Varsinais-Suomi (2), Kaakkois-Suomi (3), Pirkanmaa (4), Pohjois-Savo (8), Keski-Suomi (9), Etelä-Pohjanmaa (10), Pohjois-Pohjanmaa (12) ja Lappi (14). Myös tässä tapauksessa analyysit tehtiin käyttäen Kruskall-Wallis -testiä, samoista syistä kuin edellä. Minkään ELY-keskuksen virhejakaumat eivät vaikuttaneet poikkeavan tilastollisesti merkitsevästi kaikkien muiden ELY-keskusten vastaavista. Useimmin muista vaikutti poikkeavan Varsinais-Suomi, joka poikkesi testin mukaan Lapista, Uudestamaasta ja Kaakkois-Suomesta. Myös Lappi ja Pohjois-Pohjanmaa erosivat joissain määrin toisistaan. Kaikki alueet sisältävän testin tulos on sekava, joten vain edellä mainitut ELY-keskukset on sisällytetty tuloksiin. Ne ovat nähtävissä liitteessä A. Kaikkien ELY-keskusten virhejakaumiin liittyvä boxplot-kaavio on nähtävissä kuvassa 20.

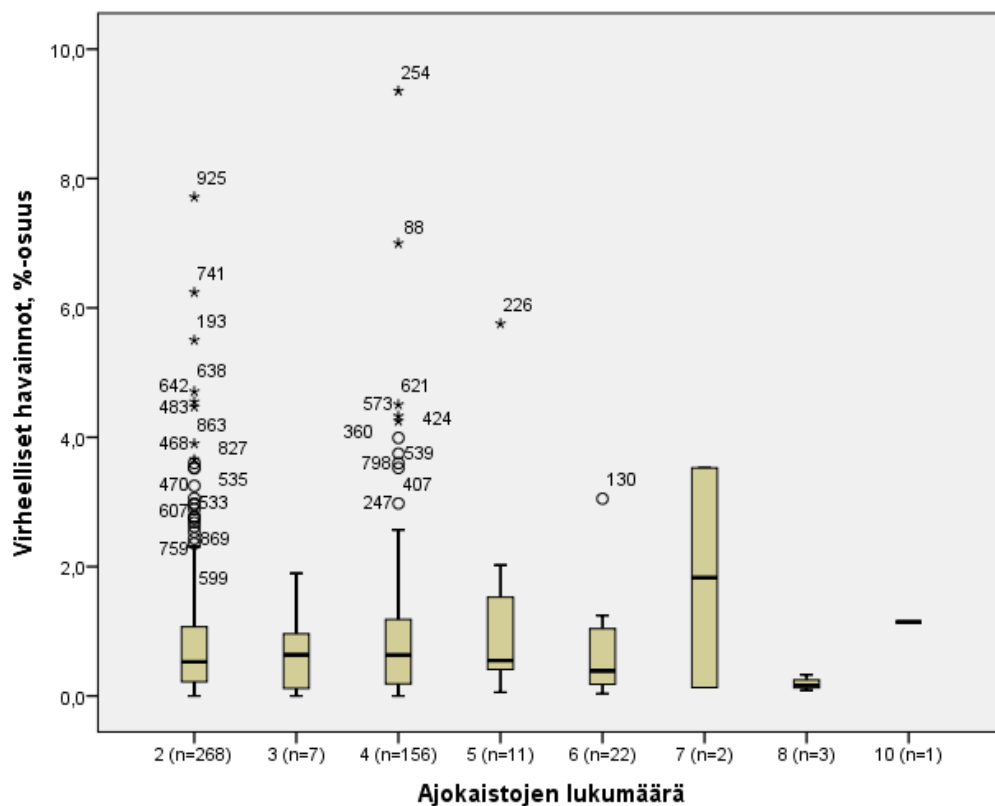


**Kuva 20:** ELY-keskuksittaiset virhejakaumat.

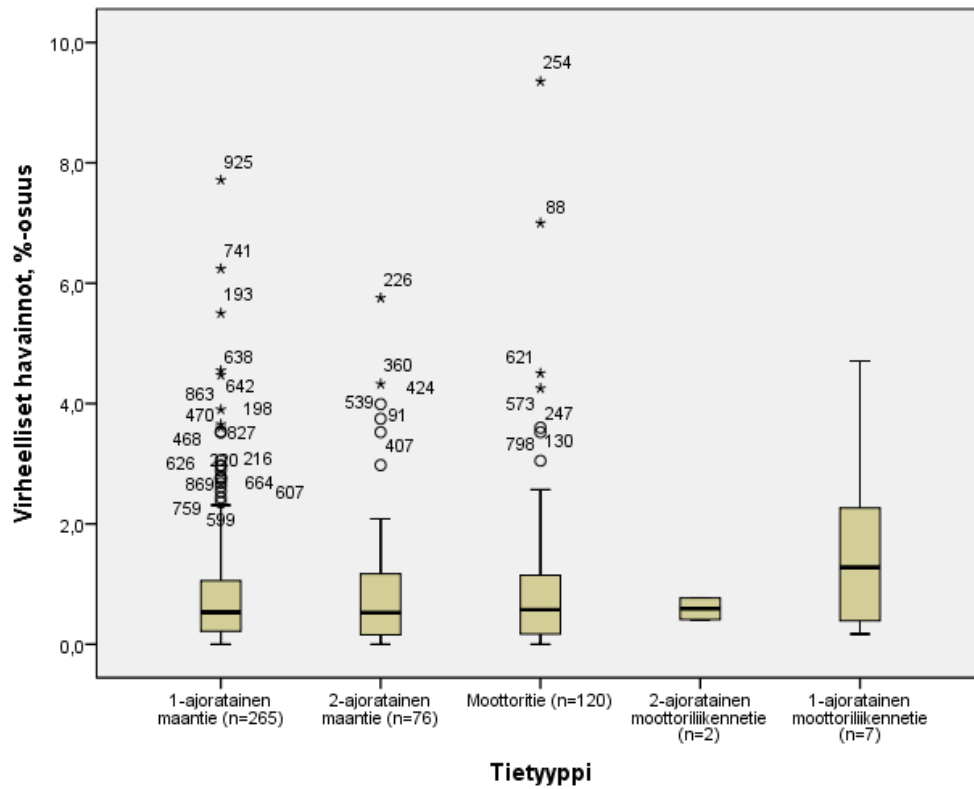
Kruskall-Wallis -testi vaikutti sopivimmalta myöskin ajokaistojen määrän, tietyypin, perustamisvuoden sekä ohjelmiston päivitysvuoden faulty-osuuksien välisten analyysien tekemiseksi. Laiteversion vaikutusta faulty-arvoihin analysoitiin DSL-4 -laitteiden osalta ei-parametrisella Mann-Whitneyn U-testillä, koska vertailtavia ryhmiä oli vain kaksi.

Virheelliseksi merkittävien havaintojen jakaumissa ei vaikuttanut olevan tilastollisesti merkittävää eroa ajokaistojen määrää ja tietyyppejä tarkasteltaessa. Perustamisvuotta ja

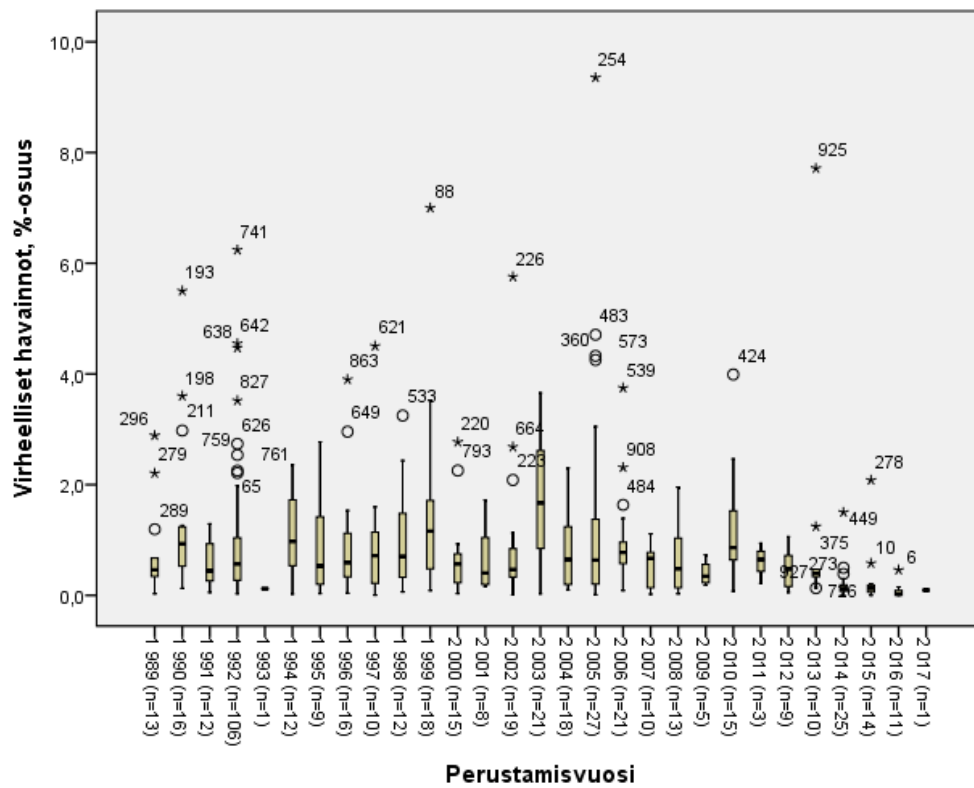
ohjelmistoversion vuotta tarkasteltaessa eroja virhejakaumissa sen sijaan oli. Näistä kaikista on esitetty kuitenkin vain boxplot-kaaviot, koska vuosilukuja sisältävissä analyysissä vertailtavia ryhmiä oli todella paljon ja tilastollisten testien tulokset hyvin sekavat: erityisen ”virheelliset” perustamis- ja ohjelmistoversion vuodet näkyvät myös boxplot-kaavioissa. Kuvassa 21 on esitetty ajokaistojen määriin liittyvä boxplot-kaavio, kuvassa 22 tietyyppien vastaava, kuvassa 23 LAM-pisteen perustamisvuoteen liittyviä tietoja ja kuvassa 24 virhejakaumien boxplot-kaavio ohjelmistoversion päivitysvuoteen liittyen. Kuvassa 25 on esitetty DSL-4 ja DSL-4L -laiteversioihin liittyvät virhejakaumat ja liitteessä A niihin liittyvän analyysin tulokset. DSL-3 -laitteesta on vain ”normaaleja” versioita. DSL-5 sekä DSL-6 -laitteita on niin vähän, että niiden laiteversioon liittyviä tuloksia ei nähty tarpeelliseksi esittää. L-merkittyjen laitteiden virhemäärät olivat järjestään pienemmät.



**Kuva 21:** Ajokaistojen lukumääriin liittyvät virhejakaumat.

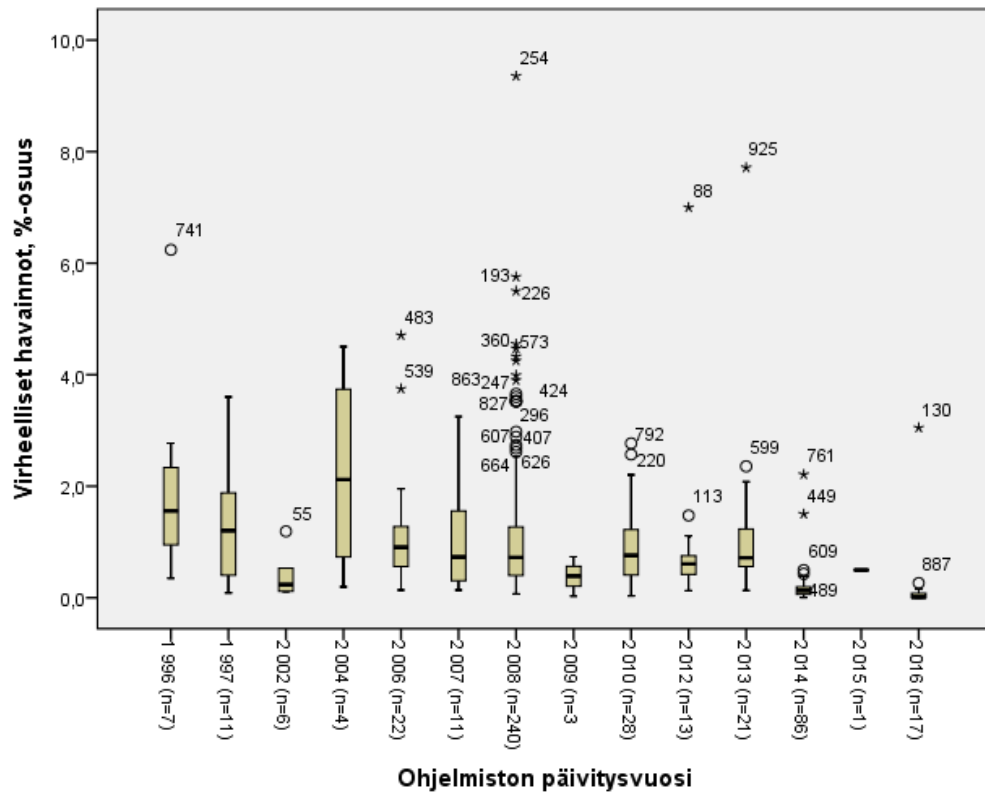


**Kuva 22:** Virhejakaumat tietyypeittäin.

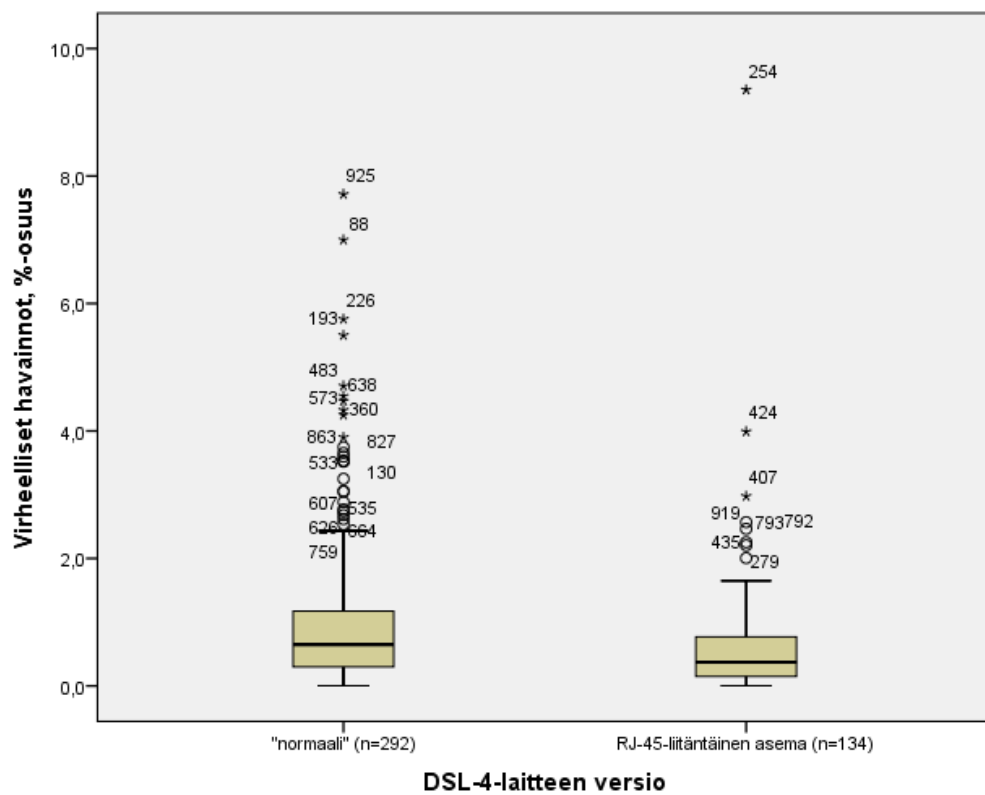


**Kuva 23:** Virhejakaumat LAM-pisteiden perustamisvuosien mukaan.





Kuva 24: Virhejakaumat LAM-laitteiden ohjelmiston päivitysvuosien mukaan.



Kuva 25: DSL-4 ja DSL-4L -laitteiden virhejakaumat.

## 4.4 Tulokset ja johtopäätökset

Kaikkia LAM-pisteitä koskevien faulty-analyysien perusteella vaikuttaisi seuraavanlaiselta: DSL-6 -laitteen havainnoista merkitään virheellisiksi pienempi osuus kuin DSL-3 ja DSL-4 havainnoista. DSL-6 -laitteita on kuitenkin vielä huomattavan vähän ja ne ovat olleet käytössä vasta vähän aikaa, joten kovin pitkälle vietyjä johtopäätöksiä ei voida tehdä. DSL-3 ja DSL-4 -laitteiden virhemäärien jakaumia ei testin perusteella voida todeta toisistaan poikkeaviksi. Näin ollen esimerkiksi vanhempaa DSL-3 -mallia ei voida faulty-arvojen perusteella todeta DSL-4 -mallia huonommin toimivaksi. ELY-keskuksittain tarkasteltuna vaikuttaisi, että Varsinais-Suomen LAM-pisteillä esiintyy eräitä muita ELY-keskuksia suurempia faulty-arvoja. Syynä tälle voi olla esimerkiksi järjestään heikkolaatuisempien LAM-laiteyksilöiden käyttö tai asennustapojen eroavaisuus.

Ajokaistojen määrää ja tietyyppejä tarkasteltaessa mikään ryhmä ei tilastollisten testien perusteella poikennut merkittävästi muista. Esimerkiksi ajokaistoihin liittyvää kuvaa 21 tarkasteltaessa vaikuttaisi, että seitsemän ajokaistan pisteet toimivat huonoiten. Tästä ei kuitenkaan voida vetää tarkempia johtopäätöksiä, koska seitsenkaistaisella poikkileikkauksella olevia LAM-pisteitä on melko vähän. Tietyypeistä esimerkiksi 2-ajoratainen moottoriliikennetie taas vaikuttaisi olevan LAM-pisteelle suotuisa asennusympäristö, mutta vähäisestä pistemäärästä johtuen pitkälle vietyjä päätelmiä ei voida tehdä. Trendejä kaistamäärän tai tietyypin ja virhemäärien väleillä ei voida todeta olevan.

LAM-pisteen perustamis- tai ohjelmistovuoden ja faulty-osuuksien välillä ei vaikuttaisi olevan myöskään trendiä. Joitain yksittäisiä vuosia nousee esiin sekä hyvässä että huonossa valossa.

Aineistossa oli ns. normaaleja LAM-laitteita ja L-merkittyjä LAM-laitteita. L-merkityt, eli RJ-45 -liitännäiset laitteet vaikuttaisivat toimivan virhemäärien perusteella jonkin verran paremmin kuin ”normaalit” laitteet. Esimerkiksi DSL-5L toimii erittäin hyvin faulty-arvojen perusteella verrattuna DSL-5 -laitteeseen, mutta pistemäärä on vähäinen, joten pitkälle vietyjä vertailuja ei voi tehdä. Laajahkon DSL-4 ja DSL-4L -aineiston perusteella voidaan päätellä RJ-45 -liitännäisten laitteiden toimivan hieman paremmin.

Yksittäisiin LAM-pisteisiin 252 ja 247 tehtyjen tarkastelujen perusteella vaikuttaisi siltä, että laitteen vaihto vähentää faulty-merkittävien arvojen osuutta kaikista havainnoista hyvinkin merkittävästi etenkin suurimpien faulty-prosenttiosuuksien pisteillä. Näin ollen vaikkapa silmukoiden asennuksen vaikutus faulty-arvoihin saattaa olla laiteyksilöä vähäisempi. LAM-pisteen 252 tarkastelujen perusteella päivä- ja kuukausikohtaiset faulty-arvot vaihtelevat melko paljon etenkin huonotoimisella LAM-pisteellä. Näin ollen tietyn pisteen toimivuutta on järkevintä selvittää vuositason faulty-arvojen perusteella.

LAM-pisteellä 249 tehdyn ”faulty-videoinnin” perusteella laskettiin, että virheellisiksi merkittävistä havainnoista karkeasti arvioiden jopa puolet ovat todellisuudessa ajoneuvoja. Tässä yhteydessä halutaan vielä muistuttaa, että nollan prosentin faulty-arvo ei ole välttämättä tavoiteltava tila, sillä virheellisiksi merkitään myös oikeasti virheellisiä havaintoja. Hyvin toimiva laskentalaite, jonka faulty-arvo on lähellä nollaa, ei vaikuta havaitsevan laatutarkastelujen perusteella 100% ajoneuvoista. Mikäli havaintokate olisi faulty=0% laitteella tuon 100%, voitaisiin noin 2% faulty-arvon ajatella pudottavan laitteen havaintokatteen alle 99%, jota pidettäkään LAM-laitteen havaintokatteen hyväksyttävyyden alarajana. Näin ei kuitenkaan todellisuudessa ole, vaan tehtyjen laatutarkastelujen perusteella faulty-merkittyjen ja siten hylättyjen ajoneuvojen lisäksi havaitsematta jää pieni osa havainnoista. Täten korjattaviksi ja/tai laskentalaitteeltaan vaihdettaviksi on ehdotettu laskentapistettä, joiden vuosien 2016 ja 2017 faulty-arvot ovat molemmat olleet yli 1,5%. Näitä pisteitä on yhteensä 50 kappaletta. Pisteet on asetettu peräkkäisten vuosien faulty-arvojen keskiarvojen mukaiseen järjestykseen, jonka mukaisesti LAM-pisteitä suositellaan korjattavan. Nämä pisteet on esitetty taulukossa 3.

**Taulukko 3:** Faulty-arvojen perusteella korjattavaksi ehdotettavat LAM-pisteet.

LAM-piste	faulty-% -keskiarvo	LAM-piste	faulty-% -keskiarvo	LAM-piste	faulty-% -keskiarvo
249	7,44	726	3,20	562	2,36
143	6,81	246	3,14	231	2,32
1458	6,47	1425	3,12	1237	2,28
1121	5,58	167	3,04	1035	2,19
458	5,15	590	3,03	1221	2,16
596	4,81	145	3,03	130	2,14
234	4,52	730	2,94	248	2,10
557	4,46	1321	2,92	930	2,08
207	4,29	1243	2,83	1222	2,06
1021	3,92	560	2,79	925	2,00
401	3,81	226	2,75	1034	2,00
1023	3,80	1027	2,75	604	1,78
998	3,59	229	2,58	112	1,78
587	3,54	534	2,51	153	1,75
209	3,52	727	2,49	142	1,65
832	3,48	1325	2,38	239	1,62
1455	3,30	1002	2,36		

Edellisessä taulukossa esitettyjen LAM-pisteiden ”korjaamisessa” ehdotan edettävän esimerkiksi seuraavanlaisella menettelyllä:

- Muutamilla listatuista LAM-pisteistä tehdään samanlainen videotarkastelu kuin luvussa 4.1 esiteltiin tehdyn LAM-pisteellä 249 sen varmistamiseksi, että kyseisessä luvussa esitetyt havainnot pätevät myös muilla pisteillä. Tarkastelu voidaan tehdä esimerkiksi taulukon 3 jokaisen sarakkeen kahdelle LAM-pisteelle, jotta tarkastelu kattaa erilaisia faulty-arvoja.

- Jos tarkastelujen perusteella vaikuttaa edelleen siltä, että vähintään noin puolet faulty-merkityistä arvoista on sellaisia, että ne pitäisi jäädä merkitsemättä, vaihdetaan taulukon 3 suurimman faulty-arvon LAM-pisteistä alkaen pisteen laskentalaite tai laitetyyppi.
- Samalla seurataan, että jo korjatuilla LAM-pisteillä faulty-arvo todella pienenee ja pysyy alhaisena pidemmälläkin aikavälillä.

## 5. DSL-6 -LAITTEEN MITTAUSTIEDON LAATU

Eräs tämän tutkimuksen tavoitteista oli selvittää, kuinka luotettavasti DSL-6 -laite havaitsee ajoneuvoja kokonaisuudessaan ja luokittelee eri ajoneuvoluokkia. Lähtöoletuksena oli, että DSL-6 -laite havainnoi kaikki ajoneuvoluokat entisiä DSL-laitteita tarkemmin, minkä lisäksi tämän tutkimuksen kannalta erityistä on se, että uuden laitteen pitäisi havainnoida myös moottoripyörät.

Luvun alkuun on kuvailtu yleisiä asioita laatutarkasteluista sekä kerrottu, missä DSL-6 -laitteelliset LAM-pisteet sijaitsevat. Tämän jälkeen luvussa on käyty läpi videotarkastelujen videointien suunnitteluun sekä itse laatutarkastelujen tekemiseen liittyviä asioita. Viimeisessä alaluvussa on esitelty laatutarkastelujen tulokset taulukkomuodossa ja esitetty tarkastelujen perusteella tehdyt johtopäätökset laitteen toiminnasta. Lisäksi on kirjattu videotarkastelujen aikana esiin nousseita havaintoja ja huomioita.

Tämän luvun sisältö vastaa käytännön osalta tutkimuskysymykseen ”Miten laskentalaitteen toimivuutta voidaan arvioida?”

### 5.1 Yleistä

DSL-6 -laitteen mittaaman laskentatiedon laatutarkastelu tehtiin jo asennettuna olevien laitteiden tuottaman havaintotiedon ja videotarkastelujen vertailuna. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että DSL-6 -laitteellisen LAM-pisteen tuntumaan asennettiin videokamera kuvaamaan siten, että videokuvaa tarkastelemalla pystyttiin mahdollisimman tarkasti merkitsemään LAM-pisteen silmukoiden ylitysjankohta ja ylittävän ajoneuvon ajoneuvoluokka. Mikäli mittauskohdan sijaintia ei pystytty havaitsemaan videokuvasta riittävän tarkasti, oli se tarpeen merkitä maastoon selkeästi näkyvällä tavalla. Videotarkastelussa käytettiin apuvälineenä videonpurkuohjelmaa, jolla voitiin videokuvan perusteella merkitä ajoneuvoluokka ja ajoneuvon ylitysjankohta. Tuloksena saatiin laskentataulukko, josta näkyvät edellä mainitut tiedot.

Alkuvuoteen 2017 mennessä DSL-6 -laite oli asennettu 12 LAM-pisteeseen, jotka on esitetty taulukossa 4. Taulukkoon on merkitty kunkin LAM-pisteen osalta tiedot siitä, millä tienumerolla ja minkä kunnan alueella ne sijaitsevat. Selitteeseen on kuvattu, minkälainen tie kyseisessä kohdassa on, kaistamerkinnot ovat sulkeissa. Taulukossa on myös tiedot keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä ja siitä, tiedetäänkö jollakin pisteellä olevan vanhempien DSL-laitemallien vai DSL-6 -laitteen mukainen silmukka-asennus.

**Taulukko 4.** LAM-pisteet, joissa on DSL-6 -laite, tilanne 6.4.2017.

LAM-piste	Kunta	Tienumero	Selite	KVL, 2016	Silmukat
185, Lohijärvi	Porvoo	7	Moottoritie (2+2)	16846	Ei tiedossa
242, Paimionjoki	Paimio	1	Moottoritie (2+2)	19698	Silmukat ei- vät näky- vissä
504, Vaalimaa 1	Virolahti	7	1-ajoratainen	3035	-
505, Vaalimaa 2	Virolahti	7	1-ajoratainen (1+1)	3035	-
506, Hamina_Lelu		7	2-ajoratainen (2+2)	5271	Ei löytynyt
633, Mikkeli	Mikkeli	5	2-ajoratainen (2+2)	13546	Vanha: n. 1m
828, Rahusenlampi	Kuopio	5	Moottoritie (2+2)	31935	Vanha: n. 1,1m
936, Vehniä	Laukaa	4	1-ajoratainen (1+1)	12904	Vanha: 1,2m
1068, Rengonkylä	Ilmajoki	19	2-ajoratainen (1+1)	3085	Erilliset ajo- radat
1069, Kertunlaakso	Seinäjoki	19	1-ajoratainen (1+1)	2724	Erilliset ajo- radat
1255, Hurnasperä	Raahe	8	1-ajoratainen (1+1)	4158	Ei tiedossa
1467, Pöykkölä	Rova- niemi	78	1-ajoratainen (1+1)	7920	Vanha: n. 1,2m

Tämän tutkimuksen lähtökohtana olevassa toimeksiannossa määriteltiin, että laatutarkasteluja oli määrä tehdä 3-6 DSL-6 -laitteellisen LAM-pisteen osalta. Videointien ajoitus oli tarkoitus tehdä siten, että ne kattaisivat erilaisia keliolosuhteita ja liikennetilanteita. Ajoneuvoluokkakokohtaisen laatutarkastelun lisäksi oli määritelty tarkasteltavan myös mitattua kokonaismäärää, jolloin saatiin lopputuloksena muodostettua kokonaiskuva laitteen toimivuudesta.

## 5.2 Videointien suunnittelu

Videointien suunnittelussa oli huomioitava jo asennettujen DSL-6 -laitteiden sijainnit, eli se, minkälaisella tiellä ne sijaitsevat, millaisia liikennemääriä pisteiden kohdalla on ja esimerkiksi se, että ainakin osaan tarkasteluista saatiin mukaan mahdollisimman paljon moottoripyörähavaintoja, jotta laitteen kyky havainnoida niitä saataisiin selville. Muiden ajoneuvoluokkien luokittelun laadun osalta arvioitiin riittäväksi sama videointiaika kuin NorSIKT-projektin yhteydessä tehdyissä LAM-oikeellisuustarkasteluissa, eli vähintään 4 tuntia kuhunkin suuntaan (Saastamoinen et al. 2012).

Vaalimaalle asennetut pisteet on asennettu rajaliikenteen seurantaan, joten ne rajattiin pois mahdollisesti tarkasteltavien LAM-pisteiden listalta. Tarkasteltaviksi pisteiksi valittiin 936 Vehniä, 1068 Rengonkylä, 1467 Pöykkölä ja 185 Lohijärvi. Piste 1255 Hurnasperä liikennettä oli videoitu jo elokuun 2016 lopulla, joten kyseinen LAM-piste oli yksi tarkasteltavista. Varalle päätettiin videoida 1069 Kertunlaakso ja 633 Mikkeli, mikäli ensimmäisenä mainittujen pisteiden videoinnissa olisi epäonnistunut jokin tai jostakin muusta syystä olisi koettu tarpeelliseksi tarkastella jälkimmäisenä mainittuja pisteitä. Näihin LAM-pisteisiin päädyttiin, jotta tulisi tarkasteltua mahdollisimman erilaisia tieympäristöjä ja liikennemäärät olisivat vaihtelevia. Myös LAM-pisteiltä saatava moottoripyöriin liittyvä laskentadata pyrittiin huomioimaan tarkempaa kuvausajankohtaa suunniteltaessa.

Käytännössä tarkemman ajankohdan suunnitteluun vaikutti myös se, milloin asentajat liikkuvat yleiseen liikennelaskentaan liittyen minkäkin LAM-pisteen lähistöllä. Näin ollen piste 1068 ja varapiste 1069 suunniteltiin videoitavan viikolla 24 ja viikko 25 suunniteltiin varaviikoksi, mikäli videoinnit epäonnistuvat. Piste 185 ja varapiste 633 suunniteltiin videoitavan viikolla 26 siten, että pisteen 185 liikennettä videoitiin kahteen otteeseen. Piste 936 liikennettä suunniteltiin videoitavan viikolla 27 ja pisteen 1467 viikolla 29. Viikkojen 28–30 viikonloput oli määrä jättää varavideointiajankohdiksi, mikäli suunnitelmien mukaiset videoinnit epäonnistuvat.

### **5.3 Videointien toteutus ja tietojen käsittely**

Taulukkoon 5 on koottu, milloin suunnitellut videoinnit lopulta kuvattiin, miltä aikaväleiltä liikennettä tarkasteltiin ja millaiset sääolosuhteet kuvauksen aikaan oli. Taulukon alle on lisätty kuvankaappaukset (kuvat 26–31) kunkin tarkastellun LAM-pisteen videoinnista pisteen tieympäristön selventämiseksi.

**Taulukko 5:** Videointien toteutus.

Kuvattu piste	Kuvausajankohta	Liikenteen tarkasteluajankohdat	Keliolosuhteet
185, Lohijärvi	26.6. klo 14.30 – 27.6. klo 18.00 ja 28.6. klo 11.50 – 29.6. klo 17.00	28.6. klo 14 – 17 ja 29.6. klo 11 – 12. Laskettu vain E2-arvo	Aurinkoinen, lievästi tuulinen
633, Mikkeli	27.6. klo 12.10 – 29.6. klo 05.00	28.6. klo 13 – 14 ja 16 – 19	Alkuun puolipilvinen, noin klo 17.30 rankka sade, minkä jälkeen pilvistä ja lievää sadetta
936, Vehniä	3.7. klo 16.30 – 4.7. klo 21.00	4.7. klo 12 – 15 ja klo 18 – 19	Pilvinen, melko tyyni
1068, Rengonkylä	14.6. klo 6.30 – 14.6. klo 22.00	14.6. klo 7 – 8.30 ja 14.45 – 17.15. Lisäksi moottoripyörät ajalta 13 – 14.45 ja 17.15 – 20.45 ja lisätunnit 17.30 – 19.30 kokonaismäärän osalta.	Aurinkoinen, paikoin hyvin tuulinen
1069, Kertunlaakso	14.6. klo 6.50 – 14.6. klo 21.30	14.6. klo 7 – 8.30 ja 15 – 17.30	Aurinkoinen, paikoin hyvin tuulinen
1255, Hurnasperä	22.8.2016 klo 7.35 – 17.00	22.8. klo 7.40 – 9.10 ja 14.25 – 16.55	Sateinen, paikoin tuulinen
1467, Pöykkölä	21.7. klo 16.00 – 22.7. klo 10	21.7. klo 16.00 – 20.00	Puolipilvinen, melko tyyni





**Kuva 26:** Kuvankaappaus LAM-pisteen 633 videoinnista. Laskentakohta oikeassa reu-  
nassa näkyvän suojakaiteettoman osuuden kohdalla.



**Kuva 27:** Kuvankaappaus LAM-pisteen 936 videoinnista. Laskentakohta oikeassa reu-  
nassa näkyvän pylväässä kiinni olevan kaapin kohdalla.



**Kuva 28:** Kuvankaappaus LAM-pisteen 1068 videoinnista. Laskentakohta liikennekartioiden kohdalla.

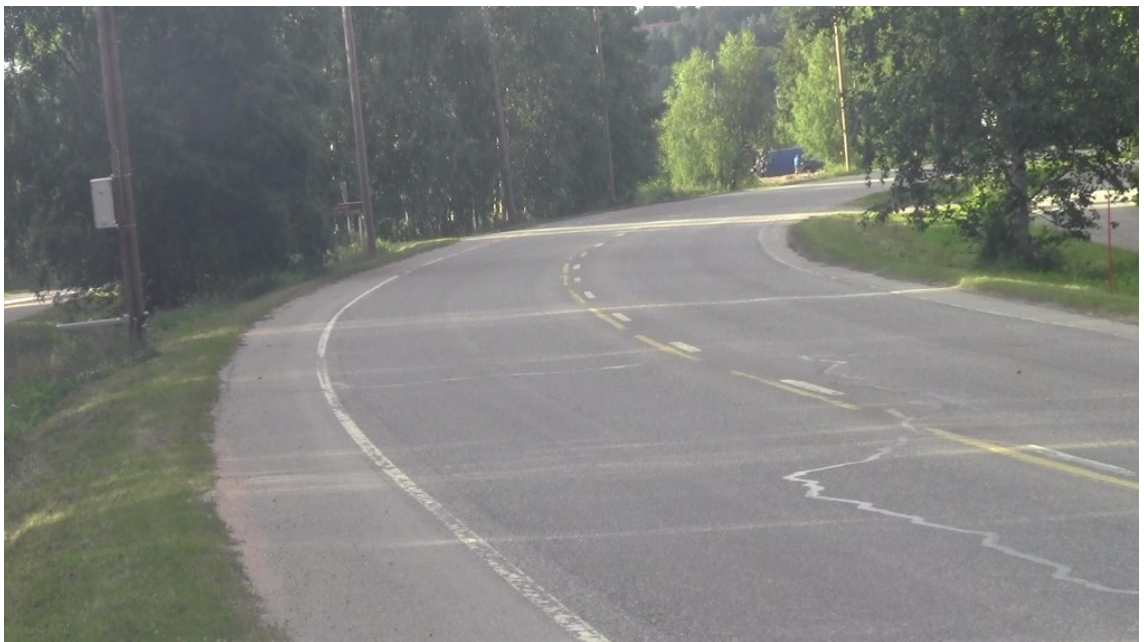


**Kuva 29:** Kuvankaappaus LAM-pisteen 1069 videoinnista. Laskentakohta vasemmalla näkyvän betonisen suojakaiteen päädyn kohdalla.





**Kuva 30:** Kuvankaappaus LAM-pisteen 1255 videoinnista. Laskentakohta oikeassa reunassa näkyvän pylväässä kiinni olevan kaapin kohdalla.



**Kuva 31:** Kuvankaappaus LAM-pisteen 1467 videoinnista. Laskentakohta vasemmassa reunassa näkyvän pylväässä kiinni olevan kaapin kohdalla.

Videotarkasteluita tehtäessä oli huomioitava tiettyjä yksityiskohtia. Käytetyssä videonpurkuohjelmassa ajoneuvoluokittelu poikkeaa hieman LAM-järjestelmän ajoneuvoluokittelusta. LAM-järjestelmässä käytössä olevaa ajoneuvoluokkaa henkilö- ja pakettiautot pitkin peräkärryineen ei suoraan ole kyseisessä ohjelmassa, vaan sen tilalla on luokka asuntovaunua vetävät henkilö- ja pakettiautot sekä asuntoautot. Tämä on huomioitu videotarkasteluja tehtäessä siten, että pitkiä peräkärryjä tai asuntovaunuja vetävät

henkilö- ja pakettiautot on luokiteltu videonpurkuohjelman asuntovaunu/asuntoautoluokkaan ja asuntoautot henkilö- sekä pakettiautoluokkaan. Nämä seikat on huomioitu videonpurkutietojen ja LAM-datan ajoneuvoluokkia vertailtaessa.

Videotarkasteluissa ilmeni epäselvyyttä siinä, mihin ulkoisesti kuorma-autoa muistuttavat, mutta kuitenkin fyysisiltä mitoiltaan joitain pakettiautoja pienemmät ajoneuvot pitäisi luokitella. Tällaiset ajoneuvot päätettiin luokitella LAM-pisteen ”eduksi”, eli henkilö- ja pakettiautojen luokkaan, mihin ne LAM-järjestelmän tiedoissa oli lähes järjestään luokiteltu. Pakettiautot LAM-laite saattoi toisinaan luokitella kuorma-autoiksi, mutta tähän ei puututtu.

Videonpurkuohjelmisto tallentaa ajoneuvoluokat ja ylityksen ajankohdan sen mukaan, miten videotarkastelun tekijä ne ohjelmalle syöttää. Tuloksena ohjelma tuottaa taulukon, jossa tiedot ovat riveittäin. Tätä taulukkoa verrattiin tutkittavan pisteen raakadataan rivi riviltä ja täten selvitettiin ajoneuvojen täsmävytykset ja mahdolliset eroavaisuudet. Jotta edellä mainittu oli mahdollista, oli videotarkastelun ja LAM-datan kellonajat saatava täsmäämään. Tämä tehtiin siten, että Excel:n jos-funktiota käyttäen haettiin sekä videotarkastelun tulosteesta että raakadatasta sopivaksi katsottu määrä peräkkäisiä, mahdollisuuksien mukaan ”harvinaisempia” ajoneuvoluokkia. Näiden täsmävyvien ajoneuvohavaintojen kellonaikojen perusteella arvioitiin aikaero, joka korjattiin laskentataulukkoon.

Kellonaikojen ja ylimpien rivien täsmäämisen jälkeen videotarkastelutulosteen ja LAM-raakadatan havaintoja verrattiin Excel:n jos-funktiota käyttäen kellonaikojen perusteella. Mikäli toisesta selkeästi puuttui havainto, lisättiin taulukkoon tyhjä rivi joko raakadataan tai tulosteeseen, ja kellonaikojen täsmäämistä jatkettiin eteenpäin. Kun tämä oli tehty jokaiselle riville, verrattiin lopuksi jos-funktiolla ajoneuvoluokkia, jotka oli ensin muutettu LAM-luokittelua vastaaviksi niin ikään jos-funktiota käyttäen. Mahdolliset epäselvät tapaukset ajoneuvoluokittelun täsmäämisvaiheessa varmistettiin vielä videolta, jotta LAM-pisteen laatu saatiin mahdollisimman tarkasti selville.

Kun videotarkastelujen perusteella saatua totuutena pidettävää ajoneuvohavaintotietoa ja laskentalaitteen tuottamaa laskentatietoa vertailtiin keskenään, voitiin laskea LAM-pisteen toimivuutta kuvaavat tunnusluvut.

## 5.4 Tulokset ja johtopäätökset

Tähän kappaleeseen on koottu laatutarkastelun tulokset. Kustakin tarkastellusta LAM-pisteestä on esitetty kolme taulukkoa. Ensimmäisissä taulukoissa nähdään ajoneuvoluokittelut lukumäärittäin. Niiden pohjalta toisiin taulukoihin on laskettu virheet E1, E2 ja E1-virheprosentti luvussa 2.5 esitellyllä tavalla. Kolmansissa taulukoissa on nähtävissä yleisen liikennelaskennan mukaiset ajoneuvoluokittelut. Mikäli jonkin LAM-pisteen tarkastelussa on esiintynyt jotakin erityistä, on tiedot siitä kirjattu tulostaulukoiden alapuolelle.

Lisäksi LAM-pisteeseen 185 liittyen on esitetty E2-tarkastelu. Muista pisteistä poiketen E1-tarkastelua ei ole voitu tehdä, koska LAM-piste sijaitsi todellisuudessa eri paikassa kuin järjestelmissä olevat tiedot antoivat ymmärtää ja täten liikennettä videoitiin väärästä paikasta, tarkalleen ottaen LAM-pisteen 185 vanhasta sijainnista. Videointipaikan ja nykyisen LAM-pisteen välillä ei ole liittymiä, joten E2-tarkastelu on voitu tehdä. Pisteiden välillä on molemmissa ajosuunnissa levähdyspaikat ja sijaintierosta johtuen videotarkastelun ja laskentalaitteen datan ajoneuvojen ja ajankohtien täysin varma yhdistäminen oli mahdotonta, joten tulokseen kannattaa suhtautua suuntaa-antavana.

**Taulukko 6:** LAM-pisteen 633, Mikkeli, videotarkastelun havaintotaulukko.

tod/lam	HA/PA	KAIP	LA	KAPP	KATP	HA/PA+PK	HA/PA+PPK	MP	<>	summa
phantom	2	0	0	0	0	0	0	2	0	4
HA/PA	2142	10	0	0	0	4	0	1	3	2160
KAIP	1	46	0	0	0	0	3	0	1	51
LA	0	1	3	3	0	0	0	0	0	7
KAPP	0	0	0	31	2	0	0	0	0	33
KATP	0	0	0	3	103	0	0	0	2	108
HA/PA+PK	1	4	0	0	0	72	1	0	0	78
HA/PA+PPK	1	3	0	1	0	5	16	0	0	26
MP	0	0	0	0	0	0	0	39	11	50
summa	2147	64	3	38	105	81	20	42	17	

**Taulukko 7:** LAM-pisteen 633, Mikkeli, videotarkastelun virhelaskelmat.

tod/lam	HA/PA	KAIP	LA	KAPP	KATP	HA/PA+PK	HA/PA+PPK	MP	<>	E2
phantom										
HA/PA	99,2 %									99,4 %
KAIP		90,2 %								125,5 %
LA			42,9 %							42,9 %
KAPP				93,9 %						115,2 %
KATP					95,4 %					97,2 %
HA/PA+PK						92,3 %				103,8 %
HA/PA+PPK							61,5 %			76,9 %
MP								78,0 %		84,0 %
E1	99,2 %	90,2 %	42,9 %	93,9 %	95,4 %	92,3 %	61,5 %	78,0 %		
E1-virhe%	1,1 %	33,3 %	57,1 %	22,5 %	6,4 %	17,2 %	46,7 %	26,4 %		

**Taulukko 8:** LAM-pisteen 633, Mikkeli, videotarkastelun tulokset. Yleisen liikennelaskennan mukainen luokittelu.

	todellinen	LAM	% (LAM/tod.)
kaikki	2513	2500	99,48269
kaikki (ei MP)	2463	2458	99,797
raskas	199	210	105,5276
keskiraskas	58	67	115,5172
yhdistelmä	141	143	101,4184

**Taulukko 9:** LAM-pisteen 936, Vehniä, videotarkastelun havaintotaulukko.

tod/lam	HA/PA	KAIP	LA	KAPP	KATP	HA/PA+PK	HA/PA+PPK	MP	<>	summa
phantom	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
HA/PA	3207	18	0	3	0	6	1	0	11	3246
KAIP	10	62	1	7	2	0	4	0	0	86
LA	0	1	9	3	0	0	0	0	0	13
KAPP	0	0	0	87	13	0	1	0	0	101
KATP	0	0	0	9	212	0	0	0	2	223
HA/PA+PK	3	9	1	1	0	89	4	0	0	107
HA/PA+PPK	0	2	0	1	0	4	14	0	0	21
MP	0	0	0	0	0	0	0	45	20	65
summa	3221	92	11	111	227	99	24	45	33	

**Taulukko 10:** LAM-pisteen 936, Vehniä, videotarkastelun virhelaskelmat.

tod/lam	HA/PA	KAIP	LA	KAPP	KATP	HA/PA+PK	HA/PA+PPK	MP	<>	E2
phantom										
HA/PA	98,8 %									99,2 %
KAIP		72,1 %								107,0 %
LA			69,2 %							84,6 %
KAPP				86,1 %						109,9 %
KATP					95,1 %					101,8 %
HA/PA+PK						83,2 %				92,5 %
HA/PA+PPK							66,7 %			114,3 %
MP								69,2 %		69,2 %
E1	98,8 %	72,1 %	69,2 %	86,1 %	95,1 %	83,2 %	66,7 %	69,2 %		
E1-virhe%	1,6 %	46,6 %	40,0 %	30,4 %	10,9 %	23,9 %	54,8 %	30,8 %		

**Taulukko 11:** LAM-pisteen 936, Vehniä, videotarkastelun tulokset. Yleisen liikennelaskennan mukainen luokittelu.

	<b>todellinen</b>	<b>LAM</b>	<b>% (LAM/tod.)</b>
kaikki	3862	3830	99,2
kaikki (ei MP)	3797	3785	99,7
raskas	423	441	104,3
keskiraskas	99	103	104,0
yhdistelmä	324	338	104,3

**Taulukko 12:** LAM-pisteen 1068, Rengonkylä, videotarkastelun havaintotaulukko.

<b>tod/lam</b>	<b>HA/PA</b>	<b>KAIP</b>	<b>LA</b>	<b>KAPP</b>	<b>KATP</b>	<b>HA/PA+PK</b>	<b>HA/PA+PPK</b>	<b>MP</b>	<b>&lt;&gt;</b>	<b>summa</b>
phantom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HA/PA	1225	13	0	0	0	5	1	0	47	1291
KAIP	2	27	0	0	0	0	5	0	13	47
LA	0	0	3	1	0	0	0	0	1	5
KAPP	2	0	0	31	10	0	1	0	9	53
KATP	3	0	0	3	84	0	0	0	15	105
HA/PA+PK	1	3	0	0	0	35	2	0	0	41
HA/PA+PPK	0	1	0	0	0	1	9	0	0	11
MP	0	0	0	0	0	0	0	41	19	60
summa	1233	44	3	35	94	41	18	41	104	

**Taulukko 13:** LAM-pisteen 1068, Rengonkylä, videotarkastelun virhelaskelmat.

<b>tod/lam</b>	<b>HA/PA</b>	<b>KAIP</b>	<b>LA</b>	<b>KAPP</b>	<b>KATP</b>	<b>HA/PA+PK</b>	<b>HA/PA+PPK</b>	<b>MP</b>	<b>&lt;&gt;</b>	<b>E2</b>
phantom										
HA/PA	94,9 %									95,5 %
KAIP		57,4 %								93,6 %
LA			60,0 %							60,0 %
KAPP				58,5 %						66,0 %
KATP					80,0 %					89,5 %
HA/PA+PK						85,4 %				100,0 %
HA/PA+PPK							81,8 %			163,6 %
MP								68,3 %		68,3 %
E1	94,9 %	57,4 %	60,0 %	58,5 %	80,0 %	85,4 %	81,8 %	68,3 %		
E1-virhe%	5,7 %	57,8 %	40,0 %	45,6 %	27,0 %	25,5 %	55,0 %	31,7 %		

**Taulukko 14:** LAM-pisteen 1068, Rengonkylä, videotarkastelun tulokset. Yleisen liikennelaskennan mukainen luokittelu.

	<b>todellinen</b>	<b>LAM</b>	<b>% (LAM/tod.)</b>
kaikki	1613	1509	93,6
kaikki (ei MP)	1553	1468	94,5
raskas	210	176	83,8
keskiraskas	52	47	90,4
yhdistelmä	158	129	81,6

**Taulukko 15:** LAM-pisteen 1068, Rengonkylä, videotarkastelun lisätuntien tulokset. Yleisen liikennelaskennan mukainen luokittelu. Havaittavissa heikko toimivuus myös lisätunneilla.

	<b>todellinen</b>	<b>LAM</b>	<b>% (LAM/tod.)</b>
kaikki	626	583	93,1
kaikki (ei MP)	606	572	94,4
raskas	86	77	89,5
keskiraskas	14	21	150
yhdistelmä	72	56	77,8

**Taulukko 16:** LAM-pisteen 1069, Kertunlaakso, videotarkastelun havaintotaulukko.

<b>tod/lam</b>	<b>HA/PA</b>	<b>KAIP</b>	<b>LA</b>	<b>KAPP</b>	<b>KATP</b>	<b>HA/PA+PK</b>	<b>HA/PA+PPK</b>	<b>MP</b>	<b>&lt;&gt;</b>	<b>summa</b>
phantom	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HA/PA	788	8	0	0	0	5	0	0	2	803
KAIP	1	39	0	2	0	1	2	0	0	45
LA	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
KAPP	0	1	0	32	3	0	0	0	0	36
KATP	0	0	0	2	66	0	0	0	1	69
HA/PA+PK	0	5	0	0	0	19	0	0	0	24
HA/PA+PPK	0	2	0	0	0	0	8	0	0	10
MP	1	0	0	0	0	0	0	13	7	21
summa	790	56	0	37	69	25	10	13	10	



**Taulukko 17:** LAM-pisteen 1069, Kertunlaakso, videotarkastelun virhelaskelmat.

tod/lam	HA/PA	KAIP	LA	KAPP	KATP	HA/PA+PK	HA/PA+PPK	MP	<>	E2
phantom										
HA/PA	98,1 %									98,4 %
KAIP		86,7 %								124,4 %
LA			0,0 %							0,0 %
KAPP				88,9 %						102,8 %
KATP					95,7 %					100,0 %
HA/PA+PK						79,2 %				104,2 %
HA/PA+PPK							80,0 %			100,0 %
MP								61,9 %		61,9 %
E1	98,1 %	86,7 %	0,0 %	88,9 %	95,7 %	79,2 %	80,0 %	61,9 %		
E1-virhe%	2,1 %	37,1 %	100,0 %	22,0 %	8,3 %	36,7 %	33,3 %	38,1 %		

**Taulukko 18:** LAM-pisteen 1069, Kertunlaakso, videotarkastelun tulokset. Yleisen liikennelaskennan mukainen luokittelu.

	todellinen	LAM	% (LAM/tod.)
kaikki	1010	1000	99,0
kaikki (ei MP)	989	987	99,8
raskas	152	162	106,6
keskiraskas	47	56	119,1
yhdistelmä	105	106	101,0

**Taulukko 19:** LAM-pisteen 1255, Hurnasperä, videotarkastelun havaintotaulukko.

tod/lam	HA/PA	KAIP	LA	KAPP	KATP	HA/PA+PK	HA/PA+PPK	MP	<>	summa
phantom	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3
HA/PA	1158	12	0	0	0	5	0	1	4	1180
KAIP	1	31	0	1	0	0	0	0	7	40
LA	0	0	12	2	0	0	0	0	2	16
KAPP	0	0	0	16	6	0	0	0	1	23
KATP	0	0	0	4	69	0	0	0	1	74
HA/PA+PK	3	6	1	1	0	16	0	0	3	30
HA/PA+PPK	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
MP	0	0	0	0	0	0	0	3	8	11
summa	1164	50	13	24	75	21	0	5	26	

**Taulukko 20:** LAM-pisteen 1255, Hurnasperä, videotarkastelun virhelaskelmat.

tod/lam	HA/PA	KAIP	LA	KAPP	KATP	HA/PA+PK	HA/PA+PPK	MP	<>	E2
phantom										
HA/PA	98,1 %									98,6 %
KAIP		77,5 %								125,0 %
LA			75,0 %							81,3 %
KAPP				69,6 %						104,3 %
KATP					93,2 %					101,4 %
HA/PA+PK						53,3 %				70,0 %
HA/PA+PPK							0,0 %			0,0 %
MP								27,3 %		45,5 %
E1	98,1 %	77,5 %	75,0 %	69,6 %	93,2 %	53,3 %	0,0 %	27,3 %		
E1-virhe%	2,4 %	47,5 %	29,4 %	48,4 %	13,8 %	54,3 %	100,0 %	76,9 %		

**Taulukko 21:** LAM-pisteen 1255, Hurnasperä, videotarkastelun tulokset. Yleisen liikennelaskennan mukainen luokittelu.

	todellinen	LAM	% (LAM/tod.)
kaikki	1375	1352	98,3
kaikki (ei MP)	1364	1347	98,8
raskas	153	162	105,9
keskiraskas	56	63	112,5
yhdistelmä	97	99	102,1

**Taulukko 22:** LAM-pisteen 1467, Pöykkölä, videotarkastelun havaintotaulukko.

tod/lam	HA/PA	KAIP	LA	KAPP	KATP	HA/PA+PK	HA/PA+PPK	MP	<>	summa	
phantom	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3
HA/PA	2278	9	0	0	0	3	0	0	0	2	2292
KAIP	1	9	0	0	0	1	0	0	0	1	12
LA	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	6
KAPP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KATP	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6
HA/PA+PK	4	21	0	0	0	50	0	0	0	0	75
HA/PA+PPK	0	10	0	0	0	3	11	0	0	0	24
MP	0	0	0	0	0	0	0	30	29	59	
summa	2284	49	2	4	6	57	11	32	32		

**Taulukko 23:** LAM-pisteen 1467, Pöykkölä, videotarkastelun virhelaskelmat.

tod/lam	HA/PA	KAIP	LA	KAPP	KATP	HA/PA+PK	HA/PA+PPK	MP	<>	E2
phantom										
HA/PA	99,4 %									99,7 %
KAIP		75,0 %								408,3 %
LA			33,3 %							33,3 %
KAPP				-						-
KATP					100,0 %					100,0 %
HA/PA+PK						66,7 %				76,0 %
HA/PA+PPK							45,8 %			45,8 %
MP								50,8 %		54,2 %
E1	99,4 %	75,0 %	33,3 %	0,0 %	100,0 %	66,7 %	45,8 %	50,8 %		
E1-virhe%	0,9 %	82,7 %	66,7 %	100,0 %	0,0 %	39,0 %	54,2 %	50,8 %		

**Taulukko 24:** LAM-pisteen 1467, Pöykkölä, videotarkastelun tulokset. Yleisen liikenne-laskennan mukainen luokittelu.

	todellinen	LAM	% (LAM/tod.)
kaikki	2474	2445	98,8
kaikki (ei MP)	2415	2413	99,9
raskas	24	61	254,2
keskiraskas	18	51	283,3
yhdistelmä	6	10	166,7

**Taulukko 25:** LAM-pisteen 185, Lohijärvi, videotarkastelun E2-tulokset.

	LAM	tod.	E2
HA/PA	5069	5118	99,0 %
KAIP	142	124	114,5 %
LA	29	47	61,7 %
KAPP	250	247	101,2 %
KATP	230	209	110,0 %
HA/PA+PK	108	112	96,4 %
HA/PA+PPK	30	25	120,0 %
MP	80	64	125,0 %
summa	5938	5946	99,9 %

Yksittäisten LAM-pisteiden videotarkasteluissa nousi esiin seuraavia huomioita:

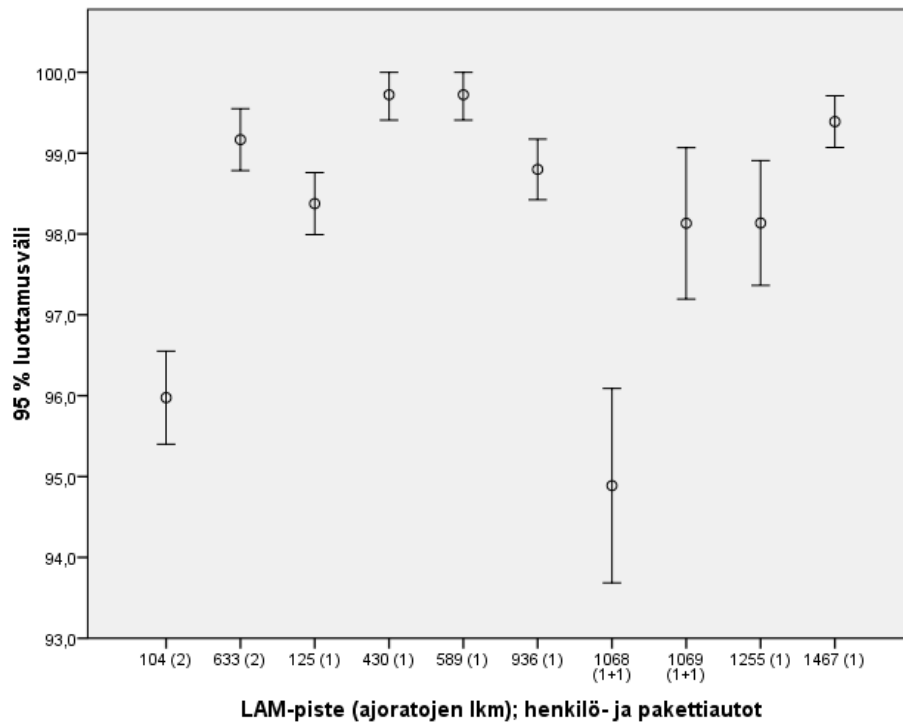
- LAM-piste 1068 toimi todella heikosti. Laitteella vaikutti esiintyvän useampia hetkittäisiä romahduksia, jolloin jopa puolet ajoneuvoista jäi kokonaan havaitse-

matta. Ajoneuvoja jäi havaitsematta myös selkeiden romahdushetkien ulkopuolella. Pisteelle tehtiin suunnitellun 4 tunnin tarkastelun lisäksi 2 tunnin lisätarkastelu yleisen liikennelaskennan mukaisen luokittelun osalta. Laite toimi heikosti myös lisätarkastelun aikana.

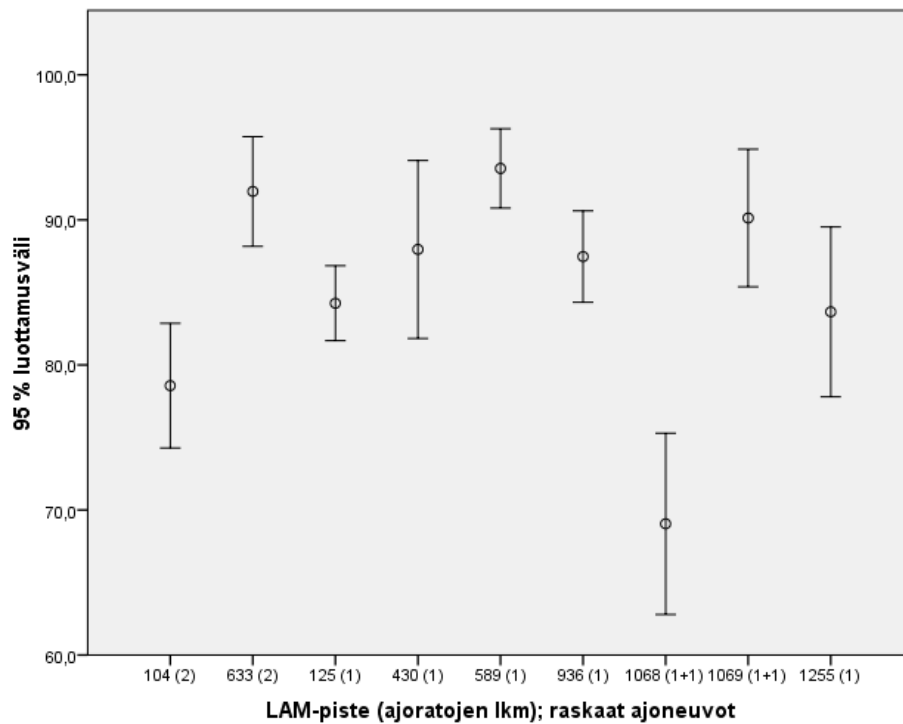
- Piste 1068 romahduksista johtuen tarkastelu tehtiin tieympäristöltään samankaltaiselle varapisteelle 1069. Näin saatiin poissuljettua se, että keskikaiteellinen kaksiajoratainen kaksikaistainen tieympäristö ei liennyt syynä pisteen 1068 heikolle toimivuudelle.
- Pisteellä 1467 ajoi moottoripyörien lisäksi paljon mopoja. Tehtyjen tarkastelujen perusteella myös mopot tulivat havaituiksi siinä missä moottoripyörätkin, jopa melko läheltä ajokaistan reunaa. Selkeästi pientareella ajaneet, havaitsematta jääneet mopot (2 kpl) on jätetty pois tarkasteluista.
- Pisteellä 1467 raskaiden ajoneuvojen osuus oli huomattavan vähäinen, mutta peräkärryjä vetäviä henkilö- tai pakettiautoja oli todella paljon. Kuten taulukon 22 tuloksista voidaan nähdä, edellä mainitut ajoneuvoluokat tulivat todella usein merkityiksi kuorma-autojen luokkaan.
- Pisteeltä 185 purettiin 4 tuntia videota. Laskelmien teon yhteydessä videonpurkutietojen ja LAM-pisteeltä saatavan datan havaittiin eroavan toisistaan. Selvisi, ettei piste 185 ole enää samassa paikassa kuin aiemmin, joten videolle oli tallennettu liikennettä vanhalta LAM-pisteeltä. Pisteeltä on täten laskettu vain E2-arvot.
- LAM-pisteen 185 E2-arvoista voi nostaa esille muista pisteistä poikkeavan havainnon: LAM-pisteen havainnoissa on enemmän moottoripyöriä kuin niitä on ollut todellisuudessa. Tämä on arvailua, mutta ero saattaa johtua esimerkiksi ohi-tustilanteista.
- Lähinnä LAM-pisteen 185 tieympäristöä on varapisteinä videoitu LAM-piste 633, joka sijaitsee keskikaiteellisessa kaksiajorataisessa nelikaistaisessa poikkeileikkauksessa. Jotta vaatimus erilaisissa tieympäristöissä olevien DSL-6 -laitteellisten LAM-pisteiden laadun testauksesta täytyisi, on pisteelle 633 tehty videotarkastelu. Tulosten purkamisen yhteydessä selvisi, että yhden ajokaistan silmukat ovat olleet ”pimeinä”, joten kaikkia ajoneuvoja koskevat tulokset on laskettu vain toisen suunnan osalta. Ajoneuvohavaintoja oli kyseisessä suunnassa yli 2500. ”Pimeän” kaistan ajoradalta on laskettu tulokset moottoripyörien osalta. Tällöin on varmistettu, että moottoripyörät ovat ajaneet ajokaistaa, jonka silmukat toimivat normaalisti.
- ”Pimeän” ajokaistan takia induktiosilmukoiden kohdalla ajokaistaa vaihtaneet henkilöautot tulivat toisinaan luokitelluiksi moottoripyöräksi.

DSL-6 -laskentalaitteen toimivuutta pyrittiin arvioimaan vertaamalla tämän tutkimuksen tarkastelutuloksia ja luvussa 2.5 esiteltäjä aiempia DSL-laitteiden laatutarkasteluita. Kaikista tarkastelun tuloksista ei ole tehty kuvaajia, koska niitä olisi tullut todella paljon ja

monet niistä olisivat turhan sekavia. Kuvaajat on tehty E1-virheisiin liittyviin luottamusvälitarkasteluihin henkilö- ja pakettiautojen sekä raskaiden ajoneuvojen luokittelujen osalta. Nämä kuvaajat on esitetty kuvissa 32 ja 33.



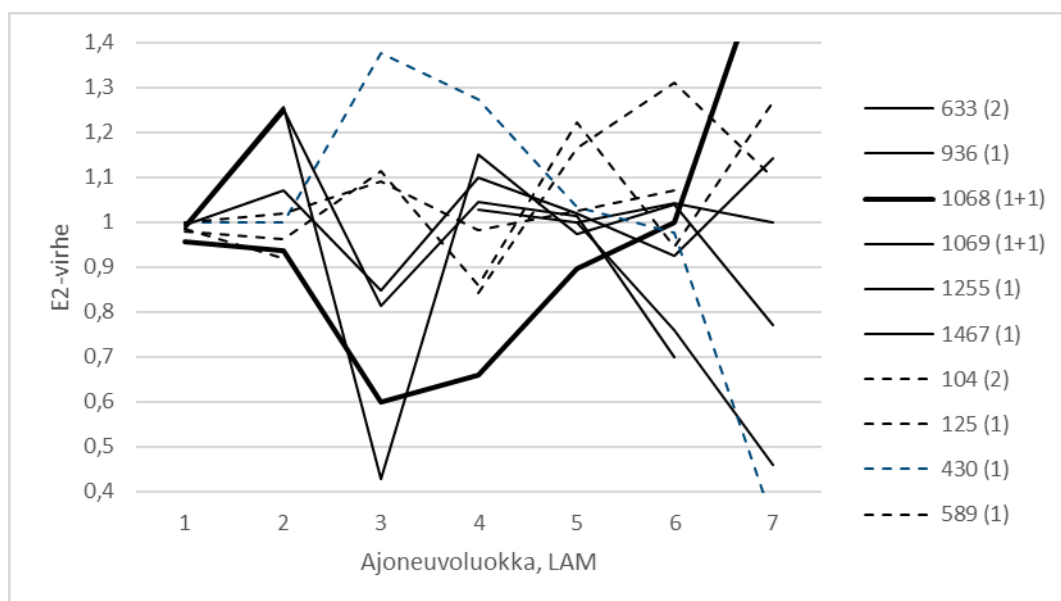
**Kuva 32:** E1-virheeseen liittyvät luottamusvälitarkastelut henkilö- ja pakettiautoluokittelun osalta.



**Kuva 33:** E1-virheeseen liittyvät luottamusvälitarkastelut raskaiden ajoneuvojen osalta.

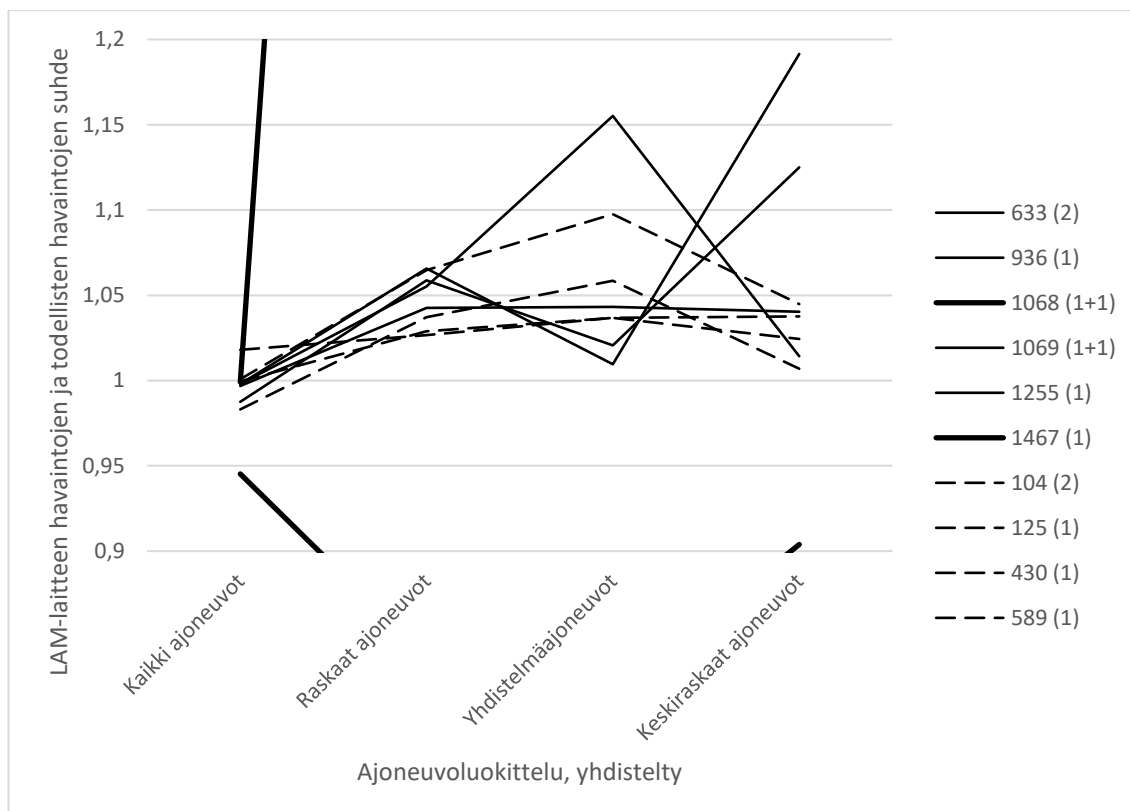
E1-virhe tarkoittaa oikein tiettyyn luokkaan luokiteltujen ja ko. luokan todellisten ajoneuvoylitysten suhdetta. Kuvaajissa olevilla LAM-pisteillä 104, 125, 430 ja 589 on käytössä DSL-4 -laite ja loppuilla DSL-6 -laite. Kuviin on merkitty LAM-pisteen numeron perään tieto laskentapisteen ajoratojen määrästä. Merkintä 1+1 tarkoittaa kaksikaistaista kaksiajorataista keskikaidetietä, kun taas merkintä 2 tarkoittaa nelikaistaista kaksiajorataista tietä. Piste 1068 toimi huonosti, joten sen tuloksiin kannattaa suhtautua varauksella. Kun kyseessä on henkilö- ja pakettiautojen E1-virhe, on sekä oletettavasti parhaat että huonoin tulos 95% luottamusvälin perusteella DSL-4 -laitteellisella pisteellä. Raskaiden ajoneuvojen E1-virheen osalta pisteen 1467 tuloksiin liittyy suurta epävarmuutta vähäisestä havaintomäärästä johtuen, joten se on rajattu pois luottamusvälikuvasta 33. Muuten sekä DSL-6, että DSL-4 -laitteellisten pisteiden tulokset vaikuttavat olevan samaa luokkaa.

E2-virhe tarkoittaa tiettyyn luokkaan kokonaisuudessaan luokiteltujen ja todellisten ajoneuvoylitysten suhdetta. Kuvaan 34 on koottu E2-virheeseen liittyviä tuloksia DSL-6 ja DSL-4 -laitteiden laatutarkasteluista.



**Kuva 34:** E2-virhe ajoneuvoluokittain. Selitteessä LAM-pisteiden numerot ja suluissa merkinnät ajoratojen määrästä. Ajoneuvoluokat ovat 1: henkilö- ja pakettiautot, 2: kuorma-autot, 3: linja-autot, 4: puoliperävaunulliset kuorma-autot, 5: täysperävaunulliset kuorma-autot, 6: peräkärryä vetävät henkilö- ja pakettiautot, 7: asuntovaunua tai pitkää peräkärryä vetävät henkilö- ja pakettiautot.

Kuvasta 34 on leikattu pois selkeästi poikkeavat arvot, jotta oleellisin tieto saataisiin paremmin esiin. Selkeästi poikkeaviin arvoihin liittyy järjestään hyvin vähäinen havaintomäärä, tai se, että kyseisen luokan havaintoja ei ollut lainkaan. Kuvasta voidaan havaita, että ajoneuvoluokkaan 1, eli henkilöautoihin ja pakettiautoihin liittyen laatu on melko hyvä, mutta muiden ajoneuvoluokkien osalta vaihtelua on paljon sekä DSL-4 että DSL-6 -laitteellisilla LAM-pisteillä. Kuvassa näkyvä paksu viiva liittyy heikkotoimiseen LAM-pisteeseen 1068.



**Kuva 35:** Yleisen liikennelaskennassa käytettävän ajoneuvoluokittelun mukaiset tulokset. Selitteessä LAM-pisteiden numerot ja suluissa merkinnät ajoratojen määrästä.

Kuvassa 35 on esitetty yleisessä liikennelaskennassa käytettävän ajoneuvoluokittelun mukaiset tulokset. Paksut viivat esittävät LAM-pisteiden 1068 ja 1467 tuloksia ja ne on suurimmilta osin rajattu pois kuvaajasta. Pisteellä 1467 peräkärryjä vetävien henkilö- ja pakettiautojen suuri osuus ja raskaiden ajoneuvojen vähäinen osuus sekä näihin liittyvä heikko luokittelun laatu aiheuttivat sen, että pisteen tulokset ovat merkittävän heikot. Tuloksista voidaan nähdä, että kokonaismäärän osalta DSL-6 -laitteelliset LAM-pisteet vaikuttaisivat olevan keskimäärin hieman tarkempia kuin DSL-4 -laitteelliset.

Yllä esitettyjen tulosten perusteella DSL-6 -laite ei vaikuttaisi olevan ainakaan selkeästi paremmin toimiva kuin DSL-4 -laite. Tulokset ovat jotakuinkin samaa luokkaa. Ajoneuvojen kokonaismäärää tarkasteltaessa DSL-6 -laite saattaa olla hieman tarkempi, mutta ajoneuvoluokittelussa on puutteita. Laatutarkasteluissa esiin nousi esimerkiksi seuraavia asioita:

- Peräkärrylliset ajoneuvot ja linja-autot ovat laskentalaitteelle haasteellisia. Niitä luokitellaan monesti kuorma-autojen, puoliperävaunullisten kuorma-autojen sekä täysperävaunullisten kuorma-autojen luokkiin. Lisäksi peräkärryllisiä ajoneuvoja tulee luokitelluksi henkilö- ja pakettiautojen luokkaan.
- Korkean maavaran henkilöautoja luokitellaan jonkin verran kuorma-autoiksi, vaikka datassa näkyvä pituus olisi melko lyhyt.

- Pakettiautojen ja pienehköjen kuorma-autoja muistuttavien jakeluautojen luokittelu ei tunnu olevan yksiselitteistä: välillä ne luokitellaan henkilö- ja pakettiautoiksi, välillä kuorma-autoiksi.
- Moottoripyörien havaitseminen on paikoin heikohkoa ja vaihtelee LAM-pisteestä riippuen: yleensä n. 50-80% niistä havaitaan, mutta yhdellä LAM-pisteellä havaittujen moottoripyörien osuus kaikista oli vain 27,3%. Moottoripyörät eivät kuitenkaan juurikaan tule luokitelluiksi muihin ajoneuvoluokkiin. Syytä sille, miksi osa moottoripyöristä jää havaitsematta, ei esimerkiksi moottoripyörätyypin tai ajolinjojen perusteella löydetty.



## 6. MOOTTORIPYÖRÄLASKENTAVERKKO

Tässä luvussa on esitetty eri lähteiden pohjalta arviot moottoripyöräilyn ajoneuvosuoritteesta. Luvussa on lisäksi annettu suoritearvioonkin pohjautuva esitys moottoripyöriä havaitsevien laskentalaitteiden sijoittamisesta. Edellä mainittujen asioiden lisäksi luvussa on esitetty tämän hetkisiin moottoripyörälaskentatietoihin perustuva moottoripyöräilyn kausivaihtelukuvaaja.

Luvussa vastataan tutkimuskysymykseen: Mihin moottoripyörienkin havaitsemiseen kykenevät, entisiä tarkemmat laskentalaitteet tulisi sijoitella ja millä perusteella?

### 6.1 Arvio suoritteesta

Merkittävänä lähtötietona myöhemmin esiteltävässä moottoripyörälaskentaverkon muodostamistavassa on paras arvio nykyisestä moottoripyöräsuoritteesta – tarkemmin ottaen sen alueellisesta ja tieluokkakohtaisesta vaihtelusta. Löydetyistä lähtöaineistoista yksityiskohtaisin arvio moottoripyöräilyosuudesta löytyy LIPASTO-päästömallin kunta-kohtaisesta taulukosta (VTT 2016). Kuntakohtaisen jaottelun perusteella on laskettu ELY-keskuskohtaiset suoritearviot. Nämä on koottu taulukkoon 26.

**Taulukko 26:** LIPASTO-päästömallin mukainen arvio moottoripyöräilyn ajoneuvosuoritteesta. Arvio vuositasona, sisältää koko tieverkon ja katuverkon moottoripyöräilyn.

ELY-keskus	Suorite	
	[M.ajonkm/a]	%-osuus
Uusimaa	410,50	36,58 %
Varsinais-Suomi	143,36	12,77 %
Kaakkois-Suomi	63,70	5,68 %
Pirkanmaa	104,06	9,27 %
Pohjois-Savo	115,79	10,32 %
Keski-Suomi	56,70	5,05 %
Etelä-Pohjanmaa	91,14	8,12 %
Pohjois-Pohjanmaa	99,79	8,89 %
Lappi	37,18	3,31 %
Summa	1122,24	100,00 %

Toinen suoritteen arviointitapa perustuu yleisen liikennelaskennan tuloksiin. Niiden pohjalta on arvioitu sekä alueellisia että tieluokkakohtaisia moottoripyöräilyosuitteita. Ylei-

sen liikennelaskennan vuosien 2014 ja 2015 kesä-elokuiden kaikkien laskentojen laskentapistekohtaisista moottoripyöräosuuksista on poimittu valta- ja kantateittain mediaaniarvot. Valtateillä moottoripyöräosuuksien mediaaniarvo oli n. 0,14% ja kantateillä 0,20%. Mediaanien perusteella on laskettu arvio kaikkien valta- ja kantateiden homogeenisten välien moottoripyöräilysuoritteesta käyttäen lisäksi KKVL-arvoa ja kunkin homogeenisen välin pituustietoa. Yleisen liikennelaskennan tulosten perusteella laskettu arvio suoritteesta on esitetty taulukossa 27. Lisäksi taulukossa 27 on esitetty yleisen liikennelaskennan tuloksiin perustuva arvio seutu- ja yhdysteiden moottoripyöräilysuoritteesta sekä kaikkien tieluokkien suoritteiden summa. Prosenttiosuus on laskettu vain valta- ja kantateiden suoritearvioon liittyen, sillä sitä tullaan käyttämään lähtötietona moottoripyörälaskentaverkon muodostamisessa.

**Taulukko 27:** Yleisen liikennelaskennan mukainen arvio moottoripyöräilyn ajoneuvosuoritteesta. Arvio kesäkuukausilta, sisältää vain päätieverkon moottoripyöräilyn.

ELY-keskus	Suorite, valta- tiet/kantatiet		Suorite, seutu- tiet/yhdystiet		Suorite, summa
	[M.ajonkm/kesä]	%-osuus	[M.ajonkm/kesä]		
Uusimaa	3,31	30,52 %	8,86		12,18
Varsinais-Suomi	1,13	10,43 %	4,53		5,66
Kaakkois-Suomi	0,58	5,32 %	1,64		2,22
Pirkanmaa	1,04	9,58 %	2,65		3,69
Pohjois-Savo	1,39	12,83 %	3,92		5,31
Keski-Suomi	0,72	6,60 %	1,97		2,69
Etelä-Pohjanmaa	0,89	8,18 %	3,21		4,09
Pohjois-Pohjanmaa	1,14	10,47 %	3,51		4,64
Lappi	0,66	6,05 %	1,48		2,14
Summa	10,86	100,00 %	31,76		42,62

Taulukoista 26 ja 27 voidaan nähdä, että suoritearviot poikkeavat toisistaan todella paljon. Erolle löytyy kuitenkin muutamia syitä:

- LIPASTO:ssa on mukana myös katuverkolla tapahtuva moottoripyöräily
- Yleiseen liikennelaskentaan perustuvaa suoritearviota ei ole laskettu koko vuodelle, vaan niille kuukausille, joilla moottoripyöräilyä vaikuttaisi olevan eniten
- Yleisessä liikennelaskennassa käytettävien mikroaaltolaskinten moottoripyörien havaintokate on alhainen. Toisin sanoen suuri osa moottoripyöräistä jää havaitsematta
- LIPASTO:n suorite saattaa olla yläkanttiin:
  - o Suomen motoristit ry:n kyselyn (Kielinen 2016a) ajomäärien ja Trafín ajoneuvokannan (2016a) moottoripyörämäärien perusteella laskettu karkea arvio koko Suomen suoritteesta on moottoripyöräilijöiden määrääarviosta riippuen n. 600–1000 miljoonaa ajoneuvokilometriä vuodessa

- Vuosien 2010–2011 valtakunnallisessa henkilöliikennetutkimuksessa vuotuiseksi moottoripyöräilyn ajoneuvosuoritteeksi on arvioitu noin 764 miljoonaa ajoneuvokilometriä (WSP Finland Oy 2011)

Yleiseen liikennelaskentaan perustuvaa arviota suoritteesta koettiin tarpeelliseksi tarkentaa. Jo asennettuna olevien DSL-6 -laitteellisten LAM-pisteiden moottoripyöräluokan laskentatulosten perusteella arvioitiin, voisivatko yleisen liikennelaskennan tulokset olla liian alhaisia. Lisäksi hahmoteltiin vuoden 2017 huhti-heinäkuilta olemassa olevien LAM-laskentatietojen pohjalta, kuinka paljon moottoripyöräilyä voisi esiintyä kesä-elokuiden ulkopuolella.

LAM-pisteiden tietojen tarkastelun perusteella vaikutti, että yleisen liikennelaskennan perusteella tehty arvio moottoripyöräilyosuudesta on liian pieni. Pisteiden 633, 936, 1068, 1069 ja 1255 tulosten perusteella näytti, että kesällä moottoripyöräilyn viikoittainen osuus valtateillä vaihteli noin 1–2% tuntumassa. Kantateillä on tällä hetkellä asennettuna vain yksi DSL-6 -laitteellinen LAM-piste, joten kantateiden moottoripyöräosuutta arvioitiin sen perusteella. Pisteiden 1467 tulosten perusteella kesäaikaan moottoripyöräilyn osuus kaikista ajoneuvoista vaihtelee noin 1,4–2,2% välillä. Edellä mainitut LAM-pisteet valittiin sen takia, että niille oli tehty laatutarkastelut ja siten edellä esitetyt prosenttiosuudet on korjattu vastaamaan paremmin todellisia moottoripyörämääriä. Näihin tarkasteluihin perustuen arviot valta- ja kantateiden kesäkuukausien moottoripyöräilyosuuksista kymmenkertaistettiin yleisen liikennelaskennan arvioon verrattuna. Seutu- ja yhdysteiden moottoripyöräosuudet on niin ikään kymmenkertaistettu, vaikka tälle ei LAM-pisteiden laskentatietoon pohjautuvaa perustetta olekaan.

Pisteiden 936 ja 1069 laskentatietojen pohjalta on arvioitu moottoripyöräilyosuudet muille kuin kesä-elokuulle siten, että touko- ja syyskuun sekä huhti- ja lokakuun moottoripyöräilymäärien oletettiin vastaavan toisiansa. Toukokuun moottoripyöräilyn liikennemäärän havaittiin olevan noin 65% kesä- ja heinäkuiden liikennemäärien keskiarvosta. Huhtikuussa vastaavan havaittiin olevan noin 11%. Loppujen kuukausien yhteenlasketuksi moottoripyöräilymääräksi arvioitiin 5% edellä mainitusta keskiarvosta. Näillä perusteilla korjattu arvio moottoripyöräilyosuudesta on esitetty taulukossa 28. Siihen kannattaa suhtautua varauksella etenkin seutu- ja yhdysteiden osalta, koska niiltä ei ole olemassa LAM-pisteisiin pohjautuvaa laskentatietoa. Myös oletus touko- ja syyskuiden sekä huhti- ja lokakuiden moottoripyöräilymäärien samankaltaisuuksista on puuttuvan laskentatiedon takia lähinnä paras mahdollinen arvio tilanteesta.

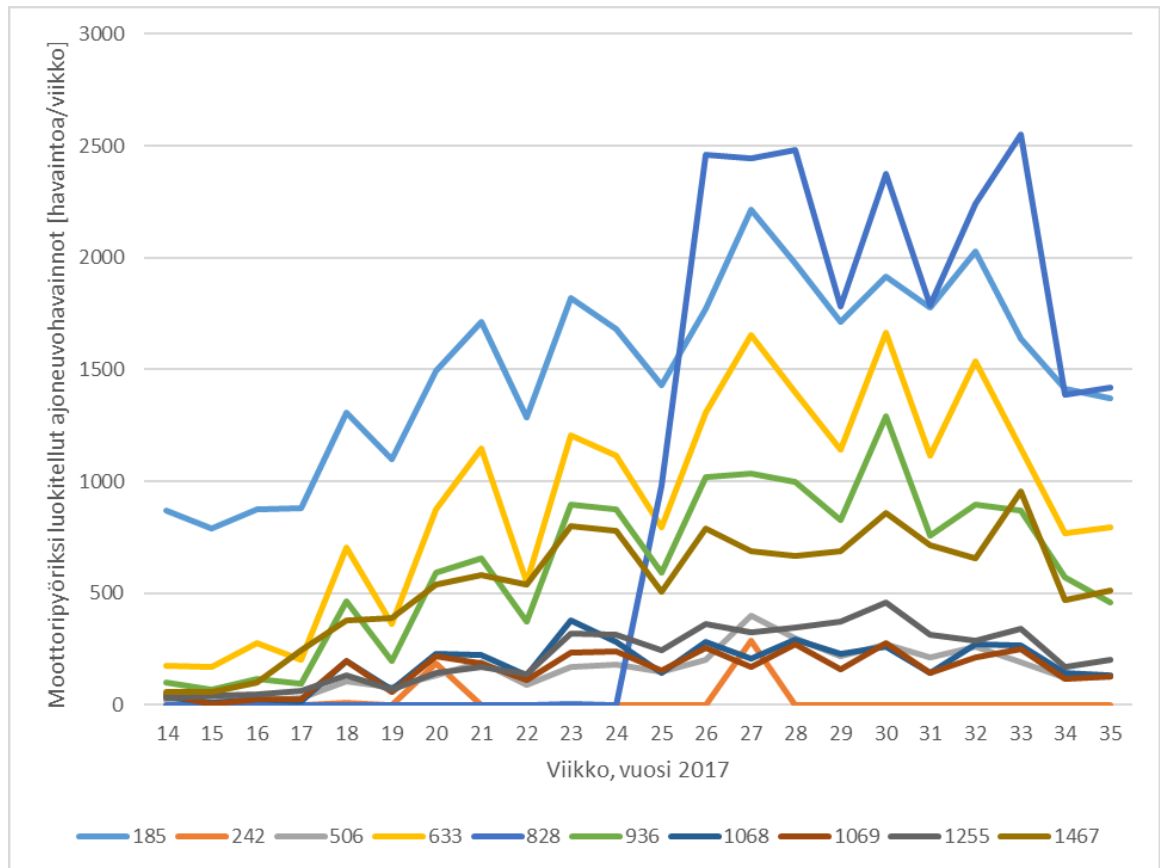
**Taulukko 28:** LAM-laskentatietojen perusteella korjattu arvio moottoripyöräilyn ajoneuvosuoritteesta. Arvio vuositason, sisältää vain päätieverkon moottoripyöräilyn.

ELY-keskus	Suorite, valtatiet/kantatiet [M.ajonkm/a]	Suorite, seututiet/ yhdystiet [M.ajonkm/a]	Summa [M.ajonkm/a]
Uusimaa	50,42	84,59	135,01
Varsinais-Suomi	17,21	51,73	68,95
Kaakkois-Suomi	8,84	16,18	25,02
Pirkanmaa	15,84	24,56	40,40
Pohjois-Savo	21,17	38,53	59,70
Keski-Suomi	10,97	19,02	29,99
Etelä-Pohjanmaa	13,56	35,27	48,83
Pohjois-Pohjanmaa	17,37	36,03	53,40
Lappi	10,05	12,46	22,52
Summa	165,43	318,38	483,81

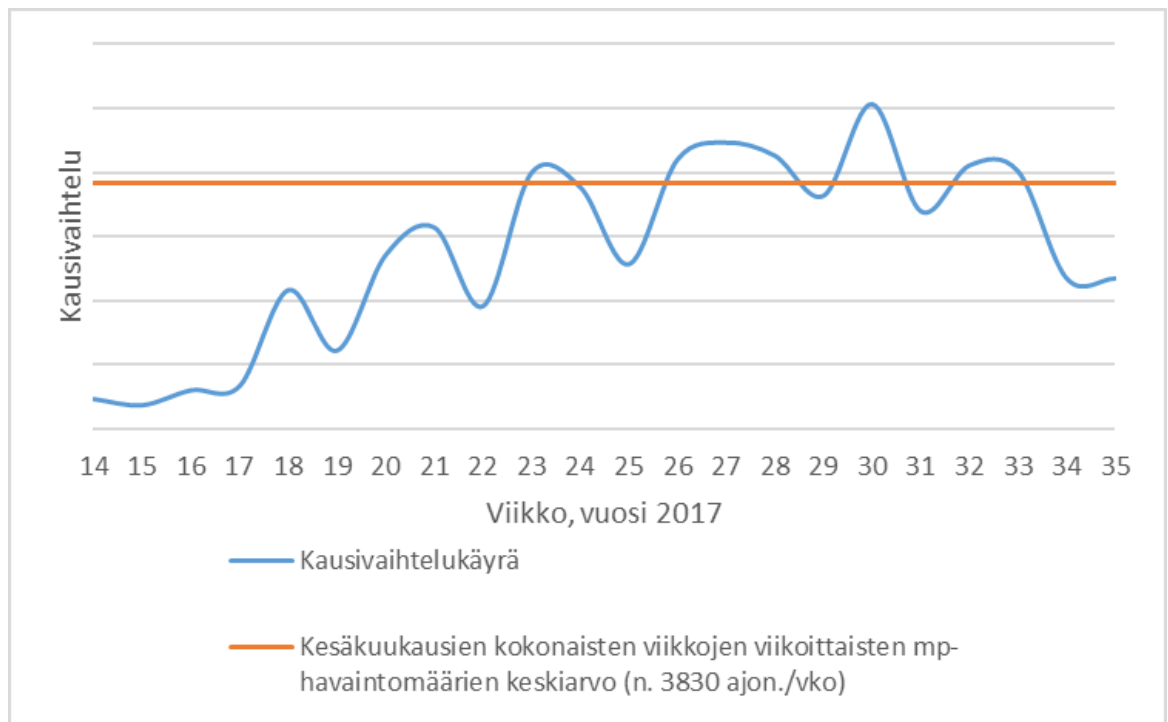
Taulukoissa 26 ja 27 näkyvät ELY-keskuskohtaiset moottoripyöräsuoritteiden prosenttiosuudet vaikuttaisivat olevan joitain poikkeuksia lukuun ottamatta lähellä toisiaan. Nämä suhteet ovat absoluuttista suoritearviota oleellisempi lähtötieto luvussa 6.3 esitettävässä moottoripyörälaskentaverkon muodostamistavassa. Näin ollen laskentaverkon muodostamisessa on käytetty yleisen liikennelaskentaan pohjautuvaa arviota. Suoritearvion korjaamiseksi tehty moottoripyöräosuuden kymmenkertaistaminen ei vaikuta valta- ja kantateiden eikä ELY-keskusten välisiin suoritesuhteisiin. Suoritteiden suhde tarkastettiin lisäksi myös ajoneuvokannan (Trafli 2016a) perusteella sillä ajatuksella, että missä on paljon moottoripyöriä, on myös potentiaalia suuremmalle moottoripyöräilysuoritteelle. Tämäkään tarkastelu ei antanut perusteita kumota yleisen liikennelaskennan pohjalta tehtyä arviota, vaan sitä käytetään moottoripyörälaskentaverkon muodostamisen lähtökohtana.

## 6.2 Kausivaihtelu

Tämän hetkisiltä DSL-6 -laitteellisilta LAM-pisteiltä on saatavissa moottoripyörähavaintotietoja vuoden 2017 viikolta 14 alkaen. Näiden havaintotietojen perusteella on tehty kuvat 36 ja 37 moottoripyöräilymäärien vaihtelun havainnollistamiseksi.



**Kuva 36:** Moottoripyörähavainnot vuoden 2017 viikoilta 14–35.



**Kuva 37:** Kausivaihtelukuvaaja.

Kuvassa 36 on nähtävissä kunkin DSL-6 -laitteellisen LAM-pisteen moottoripyöräluokitellut havainnot. Laskentatietojen ja kuvan perusteella pisteen 828 luokittelussa vaikuttaisi olleen viikkoon 25 asti häiriöitä ja piste 242 on toiminut muutamaa viikkojen 20 ja 27 vuorokautta lukuun ottamatta hyvin epävarmasti. Myös pisteen 185 laskentatietoihin täytyy suhtautua varauksin: luvussa 5.4 esitetyn taulukon 25 perusteella kyseinen LAM-piste saattaa tehdä moottoripyörähavaintoja enemmän kuin niitä todellisuudessa on.

Kuvaan 37 on summattu muiden kuin edellä mainittujen LAM-pisteiden moottoripyörähavainnot. Voidaan havaita, että toukokuun ensimmäisestä viikosta (18) lähtien moottoripyöräilymäärä vaikuttaisi ”hieman aaltoillen” kasvaneen kesän edetessä, saavuttaneen todennäköisen vuoden 2017 huippunsa heinäkuun viimeisellä viikolla 30 ja lähteneen laskuun elokuun puolivälissä viikon 33 jälkeen. Peräkkäisten viikkojen väleillä vaikuttaisi kuvien 36 ja 37 perusteella esiintyvän monin paikoin suurtakin vaihtelua moottoripyöräilymäärissä. Syynä tälle saattavat olla paitsi sääolot, myös tietyt juhlapäivät, kuten vappu (viikko 18) ja juhannus (viikko 25). Vertailuarvoksi on laskettu kesä–elokuun kokonaisten viikkojen viikoittaisten moottoripyörähavaintomäärien keskiarvo.

### 6.3 Laskentaverkon määrittely

Moottoripyörälaskentaverkon tavoitetilä määriteltiin saman tyyppisellä toimintatavalla, jota on käytetty alkuperäisen LAM-verkon sen osan muodostamisessa, joka tarkoitettiin yksinomaan liikenteen tilastointiin eikä tiepiirien omiin tarpeisiin (Räty 2008). Ennen kaikkea moottoripyöräien laskentaan tarkoitettujen laitteiden sijoittelu on tehty seuraavalla tavalla:

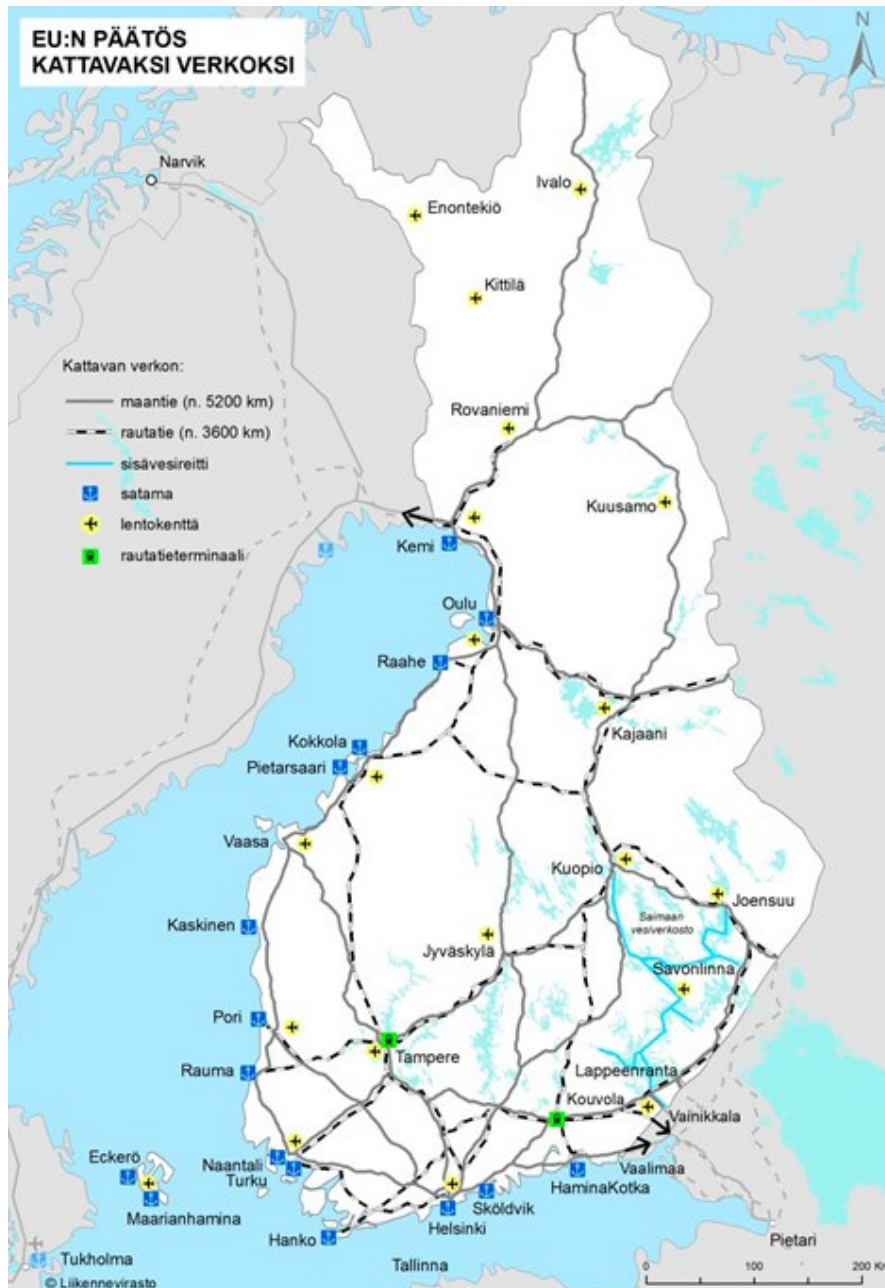
1. Vaihtoehtojen muodostamiseksi päätieverkkoa rajattiin kolmesta erilaisesta lähtökohdasta.
  - a. Rajaukset on esitelty myöhemmin tässä luvussa.
2. Kussakin vaihtoehdossa mukana olevan tieverkon osan perusteella laskettiin ELY-keskusalueisiin perustuvien ”yhdistelyalueiden” aluekohtaiset arviot moottoripyöräilysuoritteista, joiden suhteessa laskentapistet jaettiin ”yhdistelyalueittain”.
  - a. Suoritearvio on laskettu luvussa 6.1 esitetyllä tavalla yleisen liikennelas-kennan laskentatietojen perusteella.
  - b. ”Yhdistelyalueista” puhuttaessa Uusimaa sisältää Uudenmaan ja Hämeen ELY-keskusten alueet, Varsinais-Suomi sisältää Varsinais-Suomen ja Satakunnan ELY-keskusten alueet, Pohjois-Savo sisältää Pohjois-Savon, Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan ELY-keskusten alueet, Etelä-Pohjanmaa sisältää Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan ELY-keskusten alueet ja Pohjois-Pohjanmaa sisältää Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun ELY-keskusten alueet. Kaakkois-Suomen, Pirkanmaan, Keski-Suomen ja Lapin ”yhdistelyalueet” sisältävät nimiensä mukaisten ELY-keskusten alueet.

3. ”Yhdistelyalueittain” jaetut laskentapisteet jaettiin edelleen valta- ja kantateille niiden liikennesuoritearvioiden suhteissa.
4. Valta- ja kantateiden homogeeniset välit on jaettu oletetun moottoripyöräilyn liikennemäärän mukaan kahteen ryhmään: vähä- ja suurliikenteisiin. Näin muodostetuille ryhmille laskentapisteet on niin ikään jaettu liikennesuoritteiden suhteissa.
  - a. Tämä vaihe poikkeaa alkuperäisen LAM-verkon muodostamistavasta, mutta tällä pyrittiin varmistamaan myös vähäisemmän liikennemäärän laskentavälien mukaan tuleminen, vaikka lasketut moottoripyöräilyn liikennemäärät arvioita ovatkin.
  - b. Mikäli jossakin vaihtoehdossa ”yhdistelyaluekohtainen” laitemäärä on niin pieni, ettei sitä voida liikennemäärän mukaan jaotella edelleen, on vaihe 4 ohitettu.
5. Näin muodostetuista ositteista otokseen mukaan tulevat homogeeniset välit on poimittu siten, että poimintatodennäköisyydet on määritetty laskentavälien oletettujen suoritteiden suhteissa.
  - a. Poiminta olisi voitu tehdä myös muilla menetelmillä, kuten vaikkapa Metoder för skattning av gång- och cykeltrafik -lähteessä mainituilla Bernoulli- ja Poisson-valintamenetelmillä (Niska et al. 2010), mutta alkuperäisen LAM-verkon muodostamisessa käytettyä tapaa pidettiin soveltuvimpana. Bernoulli-valintamenetelmässä kunkin laskentavälin valituksi tulemisen todennäköisyys on sama, mitä ei pidetty sattumanvaraisuudesta johtuen hyvänä lähtökohtana. Poisson-valintamenetelmässä laskentavälin valituksi tulemisen todennäköisyyteen vaikuttaa melko vahvasti laskentavälin pituus, mutta tätäkään ei pidetty soveltuvana menetelmänä, koska testattaessa valituksi tuli lähes yksinomaan pisimpiä homogeenisiä välejä.
6. Poiketen alkuperäisen LAM-verkon muodostamisesta vähäliikenteisimpiä teitä ei ole karsittu pois. Perustelu tälle on käytännössä sama kuin aiemmalle liikennemääräjaottelulle: liikennemäärätiedon monipuolisuus.

Luvuissa 6.3.1 – 6.3.3 esitellään luettelon kohdassa 1 mainitut vaihtoehdot.

### 6.3.1 Rajaus 1

Tässä rajauksessa lähtökohtana on TEN-T -verkon kattavan määritelmän mukainen maantieverkko, joka on nähtävissä kuvassa 38. Rajauksen tieverkko kattaa Seinäjokea lukuun ottamatta kaikki maakuntakeskukset. Maakuntakeskukset ovat Suomen suurimpia kuntia ja ne ovat alueillansa merkittäviä asutuskeskittymiä. TEN-T -verkkoa on karsittu siten, että osa Venäjän rajateistä on jätetty pois rajauksesta. Vaikka rajatiet ovatkin tärkeitä vaikkapa tavarankuljetusten kannalta, ei niiden merkitystä Suomen moottoripyöräilyn määrien selvittämisen kannalta ole pidetty yhtä oleellisena.



*Kuva 38: TEN-T -verkon kattava rajaus. (Liikennevirasto 2017a).*

### 6.3.2 Rajaus 2

Tämän rajauksen lähtökohtana on ensimmäisessä rajauksessa mukana oleva tieverkko ja maakuntakeskukset, sekä ennen kaikkea maakuntakeskuksissa liikennekäytössä olevien moottoripyöröiden määrä. Liikennekäytössä olevien moottoripyörämäärien perusteella pienin maakuntakeskus on Kajaani, jossa Trafi:n ajoneuvokannan mukaan oli liikennekäytössä 1064 moottoripyörää (Trafi 2016a). Liikennekäytössä olevien moottoripyöröiden määrällä mitattuna Suomessa oli 19 Kajaania suurempaa ei-maakuntakeskusta. Rajauksessa mukana olevan tieverkon osan lisäämiseksi ajatuksena oli ottaa mukaan päätieverkon osia, jotka ovat yhteydessä suurimpien moottoripyörämäärien kuntiin. Näin ollen



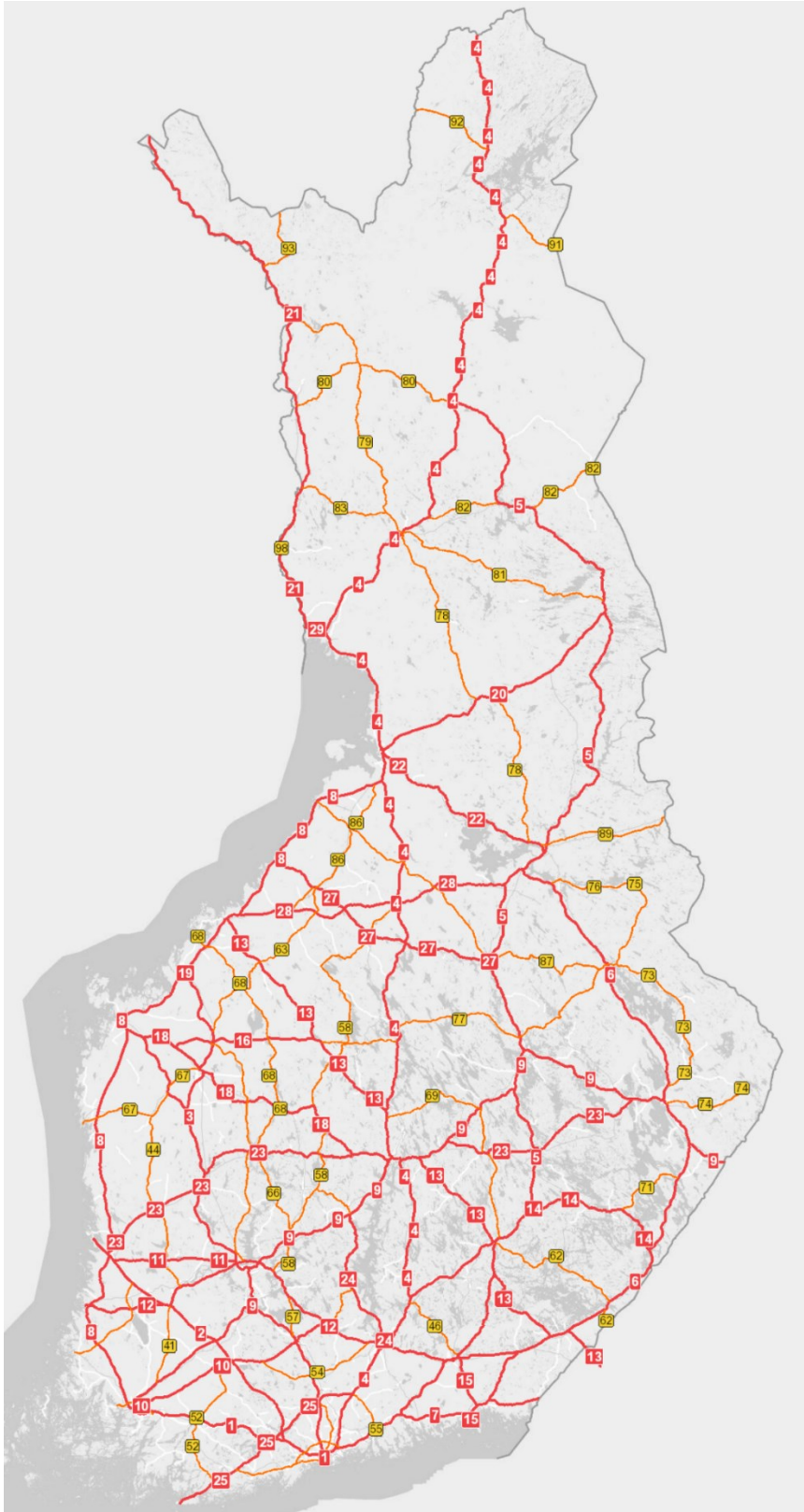
mukaan tarkasteluun tulisi tieverkko, jolla on eniten potentiaalista moottoripyöräilyä. Edellä mainittu kuntalisäys keskittyy kuitenkin hyvin vahvasti eteläiseen Suomeen, eikä mukana oleva tieverkko juurikaan laajentunut, mistä syystä mukaan otettiin useampia kuntia ja päätieverkkoa laajennettiin kattamaan kulkuyhteydet myös näihin kuntiin.

Kun mukaan otettiin kunnat, joissa liikennekäytössä oli yli 800 moottoripyörää, lisääntyi kuntien määrä 16 kappaleella. Käytännössä ainoastaan Savonlinna oli jo mukana olevan tieverkon ulkopuolella, joten kuntamäärää haluttiin kasvattaa edelleen. Mukaan otettiin vielä kunnat, joissa moottoripyöriä on yli 600, sekä kunnat, joissa rekisteröityjen moottoripyörien määrän perusteella ”voisi olla” yli 600 liikennekäytössä olevaa moottoripyörää. Käytännössä sekä rekisteröityjen että liikennekäytössä olevien moottoripyörien määrien perusteella järjestettynä kunnat ovat jokseenkin samassa järjestyksessä, mutta joitakin poikkeuksia on. Esimerkiksi Torniossa moottoripyöriä oli liikennekäytössä alle 600, mutta rekisteröityjen moottoripyörien määrien perusteella se oli selkeästi suurempi kuin jotkin yli 600 liikennekäytössä olevan moottoripyörän kunnat. Näin ollen Tornioinkin otettiin mukaan rajaukseen, ja kuntien määrä kasvoi kokonaisuudessaan kahdellakymmenellä.

Tämän kuntarajauksen ja kyseisiin kuntiin liittyvän tieverkon mukaan ottamisen myötä rajauksessa oleva tieverkko oli sen verran laajempi kuin rajauksessa 1, että uuden tarkastelun tekemistä voitiin pitää perustellumpana. Tarkemmin ottaen tieverkkoa laajennettiin siten, että mikäli mukana olevien kuntien välillä oli ”selkeä yhteys”, tai kunnasta oli yhteys jo aiemmin mukana olevaan tieverkon osaan, tie otettiin mukaan rajaukseen. Mikäli selkeää yhteyttä muuhun mukana rajauksessa olevaan kuntaan tai tieverkon osaan ei ollut, mutta kunnan alueelle johti valta- tai kantatie, otettiin kyseisestä tiestä mukaan ne homogeeniset välit, joiden kyseistä kaupunkia lähempänä olevan pääntäisyyden keskukselta oli enintään 50 kilometriä. Koska ajatuksena oli muodostaa verkko, jossa on paljon potentiaalia moottoripyöräilylle, ajateltiin 50 kilometrin kattavan hyvin esimerkiksi työmatkat ja vapaa-ajan ilta-ajelut.

### 6.3.3 Rajaus 3

Tämä rajaus on mukana olevista kattavin, eli siihen on otettu mukaan koko päätieverkko. Käytti mittarina sitten oletettua moottoripyöräsuoritetta, homogeenisten välien määrää tai tieverkon pituutta, on tieverkko etenkin kantateiden osalta selvästi laajempi kuin ensimmäisissä vaihtoehtoissa. Kuva koko päätieverkosta on esitetty kuvassa 39.



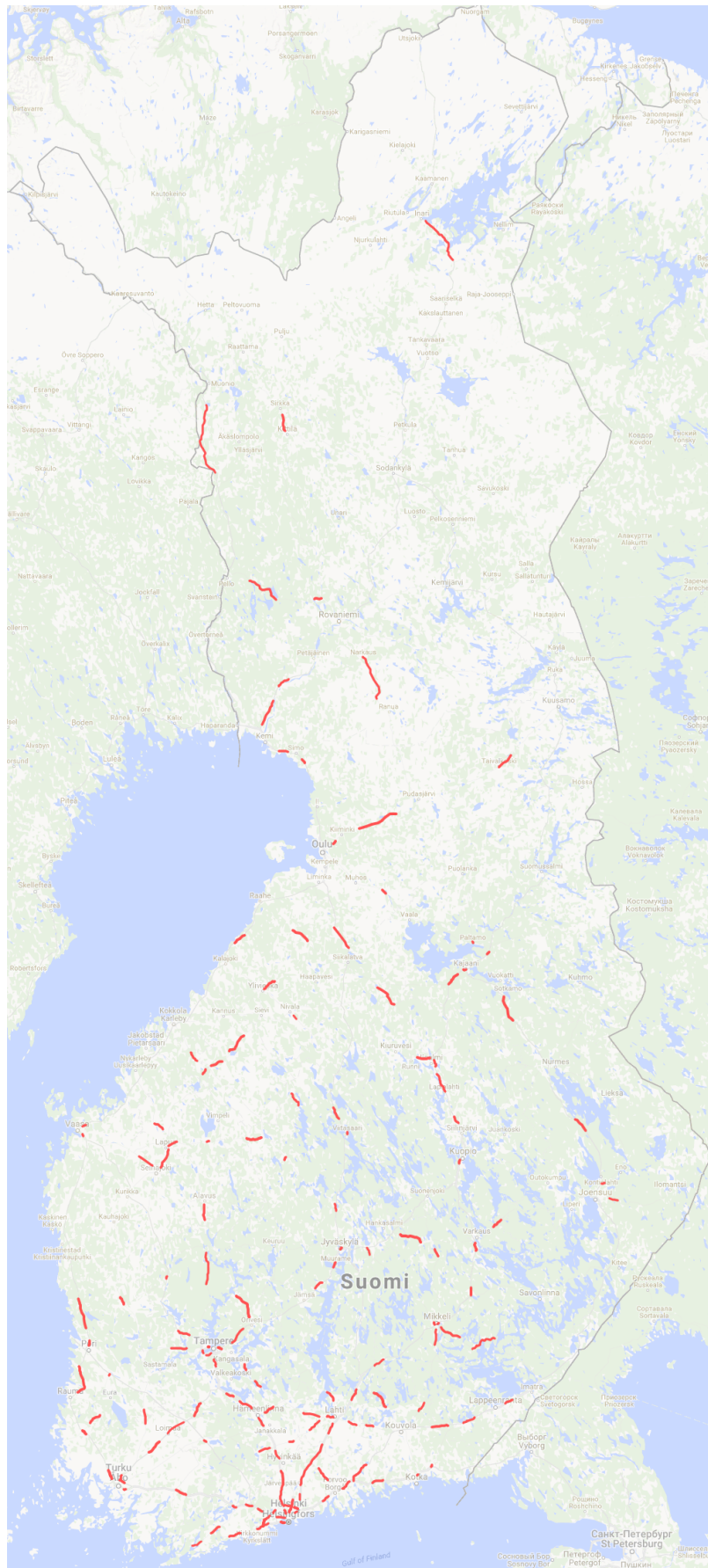
**Kuva 39:** Suomen päätieverkko: valtatiet punaisella, kantatiet oranssilla. (Liikennevirasto 2017b).

## 6.4 Päätelmät ja ehdotus

Tarkoituksena on määritellä laskentapisteverkko, jolla saataisiin tilastoitua moottoripyöräilyn määriä, suoritetta ja ajonopeuksia Suomen päätielverkolla. Tästä syystä ehdotus on muodostettu rajauksen 3 pohjalta. Laskentatiedon tuottaminen laajalle tielverkon osalle vaatii suurempaa laskentapistemäärää, mutta tällöin laskentapisteverkko edustaa paremmin koko päätielverkkoa, eikä ainoastaan sitä osaa, jolla oletetaan olevan suuri moottoripyöräilypotentialiaali. Tämän luvun alussa esitellyn laskentapisteverkon muodostamistavan ja rajauksen 3 mukaisesti on muodostettu ehdotus laskentaväleistä. Näiden laskentavälien sijainnit kartalla on esitetty seuraavalla sivulla kuvassa 40.

Ehdotus on muodostettu pääpiirteissään luvun alussa esitellyn tavan mukaisesti. Mikäli jokin alun perin valituksi tullut homogeeninen väli sijaitti luvun 3 lopussa esitellyn faulty-arvojen perusteella korjattavaksi ehdotetun LAM-pisteen lähistöllä ja muistutti liikenteellisesti kyseistä väliä, on laskentaväli vaihdettu lopulliseen ehdotukseen. Osa lopullisen ehdotuksen homogeenisistä väleistä on sellaisia, että niillä on jo LAM-piste (tai LAM-pisteitä), vaikka niitä ei faulty-arvojen perusteella olisikaan tarvetta vaihtaa. Tällöin luontevinta on vaihtaa nykyisen LAM-laitteen tilalle moottoripyöräiden havaitsemiseen kykenevä laite ja mahdollisuuksien mukaan korjata silmukat uuden ohjeistuksen mukaisiksi.

Tämän työn tulosten perusteella DSL-6 -laitteelliset LAM-pisteet eivät havaitse kaikkia moottoripyöriä, eikä havaintokate vaikuta olevan vakio joka pisteellä. Mikäli moottoripyöräiden laskentaa kuitenkin päätetään alkaa tehdä DSL-6 -laitteilla, on syytä määrittää laskentapistekohtaiset korjauskertoimet. Tämä tapahtuu käytännössä siten, että kunkin LAM-pisteen liikennettä videoidaan, videolta selvitetään moottoripyöräiden todelliset määrät ja tälle määrälle sekä laskentadatan moottoripyörähavainnoille lasketaan suhdeluku, jolla laskentadatan moottoripyörämäärät korjataan. Luotettavampi korjauskerroin saadaan, mikäli videointi tehdään kahdesti: esimerkiksi pian asennuksen jälkeen ja asennusta seuraavan vuoden kesän aikana.



**Kuva 40:** Ehdotuksen laskentavälit. (Karttapohja: Google Maps).

Ehdotus saattaa olla laskentapistemäärällisesti yläkanttiin siihen nähden, mitä ollaan halukkaita toteuttamaan, mutta tätä ehdotusta voidaan noudattaa myös suuntalinjana. Vaikka laitemäärää karsittaisiin, olisi ehdotuksessa olevia alueellisia ja valta- sekä kantatiekohtaisia laitemäärien suhteita hyvä noudattaa laskentatulosten edustavuuden takaamiseksi. Ehdotetut ”yhdistelyaluekohtaiset” laitemäärät on koottu taulukkoon 29. Liitteeseen B on koottu valituksi tulleiden homogeenisten välien tiedot. Liitteessä näkyy myös, onko valituksi tulleella laskentavälillä jo olemassa LAM-piste ja onko kyseinen laite faulty-arvon perusteella vaihdettavien listalla.

**Taulukko 29:** Ehdotettavat ”yhdistelyaluekohtaiset” laitemäärät.

”Yhdistelyalue”	Valtatiet	Kantatiet
Uusimaa	31	15
Varsinais-Suomi	11	5
Kaakkois-Suomi	7	1
Pirkanmaa	11	3
Pohjois-Savo	14	5
Keski-Suomi	8	2
Etelä-Pohjanmaa	8	4
Pohjois-Pohjanmaa	12	4
Lappi	5	4
Summa	107	43

Taulukkoon 30 on laskettu valta- ja kantateittain, kuinka suurta osaa kyseisten luokittelutasojen tiepituuksista ja lähtötietona käytetystä yleisen liikennelaskennan tulosten perusteella lasketusta oletetusta moottoripyöräilysuoritteesta ehdotettu laskentapisteverkko edustaa. Lisäksi taulukkoon on laskettu vastaavat lukemat niiden ehdotuksessa olevien 60 homogeenisen välin osalta, joilla on jo tällä hetkellä LAM-piste.

**Taulukko 30:** Ehdotukseen liittyviä tunnuslukuja.

	Kaikki hg. välit	Ehdotus	Osuus	Ehdotuksen hg. välit, joilla LAM-piste	Osuus
Valtatiet					
Tiepituus [km]	8628,12	940,09	10,9 %	354,51	4,1 %
Oletettu MP-suorite [M ajon.km]	7,81	1,42	18,2 %	0,82	10,5 %
Kantatiet					
Tiepituus [km]	4862,69	441,54	9,1 %	128,60	2,6 %
Oletettu MP-suorite [M ajon.km]	3,04	0,61	20,0 %	0,38	12,5 %

LAM-pisteellä 1467 tehdyn tarkastelun perusteella DSL-6 -laite havaitsee moottoripyörien lisäksi myös mopoja. Tästä johtuen laskentapisteeet tulisi sijoittaa siten, että laskentakohdalla ei pitäisi voida ajaa mopolla, tai että laskentadatasta saadaan mahdollisimman suurella varmuudella eroteltua moottoripyörät ja mopot. Tiet, joilla mopoilla ajo on kielletty tai tien kohdat, joilla mopot ohjataan ajamaan vieressä sijaitsevaa jalankulun ja pyöräilyn väylää, ovat parhaita asennuspaikkoja. Mikäli ehdotetulla homogeenisellä välillä ei toteudu kumpikaan edellisistä, on mopot ja moottoripyörät pyrittävä erottamaan laskentadatasta esimerkiksi ajonopeuksien perusteella. Tällöin paras asennuspaikka on sellainen, jossa nopeusrajoitus on mahdollisimman korkea eivätkä ajonopeudet yleensä laske alhaisiksi esimerkiksi ruuhkista johtuen. Ajatuksena on, että moottoripyörät ajaisivat laskentakohdassa selkeästi nopeammin kuin mopot, jolloin n. alle 45(–55) km/h ajavat moottoripyöräluokan ajoneuvot voitaisiin karsia pois laskentatiedoista. Lisäksi laskentapisteeet tulisi sijoittaa homogeenisille väleille paikkoihin, jotka edustavat laskentavälin keskimääräistä liikennettä mahdollisimman hyvin.

Yksittäisen homogeenisen välin keskimääräistä liikennemäärää voidaan periaatteessa arvioida tarkasti ainoastaan kyseisen välin liikennettä laskemalla. Muulle ajoneuvoliikenteelle käytettävää LAM-profiilimenetelmää (Kiiskilä et al. 2016 s. 29) ei myöskään voida hyödyntää moottoripyörien laskennassa, koska lähtötietovaatimuksena on aiempi laskentatieto. Suomen päätieverkolla on yli 2100 homogeenistä väliä. Voidaan siis laskea, että tarkan moottoripyörälaskentatiedon tuottaminen vaatisi pelkästään valta- ja kantateille yli 2000 laskentapistettä. Tällainen määrä olisi jo kustannuksiltaan niin valtava, että laskentatiedon tarkkuudesta täytyy tinkiä. Näin ollen on päädytty jo aiemmin mainittuun 150 laskentapisteseen.

Pisteet on pyritty sijoittelemaan oletettujen moottoripyöräilysuoritteiden mukaisissa suhteissa sillä tausta-ajatuksella, että suurempi ajoneuvosuorite tarkoittaa suurempaa tiepi-tuuden ja liikennemäärien välistä suhdetta ja siten suurempaa vaihtelua. Näin ollen suu-remman vaihtelun alueille on tarpeen perustaa useampia laskentapistettä saman laskenta-tiedon laadun saavuttamiseksi.

Kiinteisiin laskentapisteesiin perustuva moottoripyörien laskenta ei ole laadullisesti ko-vinkaan lähellä muiden ajoneuvojen laskentaa, ellei moottoripyöriä kyetä lisäksi laske-maan otoslaskennoin muiden ajoneuvojen tapaan. Perustettavaksi ehdotettavan verkon pohjalta voidaan arvioida, millaisia muun ajoneuvoliikenteen ja moottoripyöräilyn mää-rien suhteita Suomen eri alueilla esiintyy valta- ja kantateittain. Täten pystytään lasken-tatiedon lisääntyessä tarkentamaan arviota Suomen päätieverkon moottoripyöräilysuorit-teesta ja moottoripyöräilymääristä eri puolilla Suomea. Lisäksi saadaan tietoa moottori-pyöräilyn kausivaihtelusta ja nopeuksista.

Kuten johdannossa esitettiin, suuri osa moottoripyöräilystä vaikuttaisi olevan vapaa-ajan ajoa. Tästä herääkin kysymys, onko pelkästään päätieverkon moottoripyöräilymäärien laskenta ja suoritteen arviointi alkuunkaan riittävää, vai pitäisikö moottoripyöriä kyetä

laskemaan myös esimerkiksi seututeillä? On siis syytä korostaa, että ehdotetun laskenta-verkon perusteella voidaan arvioida nimenomaan valta- ja kantateiden moottoripyöräily-määriä ja -suoritetta.

## 7. YHTEENVETO

Vaikka tämän tutkimuksen osa-alueet nivoutuvatkin kiinteästi toisiinsa, voidaan työn ajatella koostuvan kolmesta osa-alueesta. Näihin osa-alueisiin liittyvät päätelmät ja tärkeimmät havainnot on koostettu samassa järjestyksessä kuin niitä on tutkimuksessakin käsitelty: alkuun on koostettu virhemääriin liittyviä asioita, toiseksi DSL-6 -laitteeseen liittyviä tuloksia ja lopuksi käydään läpi moottoripyörälaskentaverkkoon liittyviä asioita. Lopuksi on kirjattu joitakin teoriaosuudessa esiin nousseita pääkohtia.

Virheelliseksi merkittävien ajoneuvohavaintojen luonne ja monipuolisuus selkenivät oikeastaan vasta työn edetessä. Alkuun oli tarkoituksena lähinnä laskea virheelliseksi merkittyjen havaintojen pistekohtaisia osuuksia, mutta asian todellisen luonteen valjetessa päätettiin syventyä tarkemmin faulty-arvoihin.

Pitkän aikavälin tarkasteluissa selvisi, että faulty-arvoilla on ajallinen ulottuvuus. Päivä- ja jopa kuukausikohtaiset osuudet vaihtelevat merkittävästi ja tutkitulla LAM-pisteellä vaikutti esiintyvän myös vuodenaikaista vaihtelua. Näin ollen päädyttiin siihen, että pisteen ”hyvyyttä” faulty-arvojen perusteella kannattaa tarkastella vuositasolla, jolloin vaihtelua esiintyy vähemmän. Koska tarkastelu tehtiin vain yhden pisteen arvoilla, pitää päivä- ja vuodenaikaisvaihteluun suhtautua varauksin, mutta oleellisinta olikin selvittää se, että arvio pisteen toiminnasta pitää perustua vuositason faulty-osuuteen. Kahdelle korkean faulty-arvon LAM-pisteelle tehty laitetypin vaihto osoitti, että laitteen vaihto vaikuttaisi laskevan faulty-arvoa erittäin merkittävästi. Toki pidemmän aikavälin seuranta on vielä tulevaisuudessa tarpeen, ennen kuin korjaustoimia aletaan toteuttaa suuremmassa mittakaavassa.

Korkean faulty-osuuden LAM-pisteellä 249 tehdyn tarkastelun perusteella havaittiin, että noin puolet virheellisiksi merkittävistä ajoneuvohavainnoista olisi pitänyt tulla havaituiksi normaaleina ajoneuvohavaintoina eikä faulty-havaintoina. Kaikkia LAM-pisteitä koskevissa tilastollisissa analyyseissä ei noussut esiin mitään, mistä voitaisiin tehdä selkeitä päätelmiä. Näin ollen faulty-arvojen perusteella korjattavaksi ehdotettava lista on muodostettu pisteen 249 havainnon pohjalta. Tuloksen yleistettävyyys pitää kuitenkin vielä varmistaa luvun 4.4 lopussa esitellyllä menettelytavalla.

DSL-6 -laskentalaitteen laatutarkastelujen perusteella laite vaikuttaisi havaitsevan ajoneuvot kokonaisuudessaan hieman tarkemmin kuin aiemmat DSL -laitteet. Ajoneuvo-luokittaisen tarkastelun perusteella luokittelun laadun ei voida todeta olevan merkittävästi parempaa kuin aiemmilla DSL -laitteilla. Joillakin yksittäisillä tarkastelluilla LAM-pisteillä luokittelu ja kokonaismäärän havaitseminen saattoi olla todella heikkoa, joillakin taas erinomaisen hyvää.



Moottoripyörien havainnointikyky vaihteli LAM-pisteestä riippuen. Suurimmassa osassa tarkastelluista pisteistä niistä havaittiin noin 50-80%, yhdellä pisteellä tulos jäi alle 30%. Näin ollen, mikäli moottoripyörälaskentaa päätetään alkaa tehdä DSL-6 -laitteilla, on ehdottoman tärkeää määrittää laskentapistekohtaiset korjauskertoimet, jotta laskentatulos vastaisi mahdollisimman hyvin todellisuutta. Ehdotus korjauskertoimen määrittäytavasta on kirjattu lukuun 6.4. Moottoripyörälaskennan kannalta positiivisena asian voisi mainita, että tarkastelujen perusteella muita ajoneuvoluokkia ei juurikaan luokitella moottoripyöräluokkaan. Poikkeuksena pitää kuitenkin mainita LAM-pisteen 185 havainto, jonka mukaan suurliikenteisellä monikaistaisella tiellä muitakin ajoneuvoja kuin moottoripyöriä saattaa tulla merkityksi moottoripyöräluokkaan. Täten korjauskerrointen määrittäminen on erittäin tärkeää.

DSL-6 -laitteen laatutarkastelujen perusteella myös mopot tulevat havaituiksi moottoripyöräluokkaan, joten laskentalaitteen asennuspaikan valintaan kannattaa kiinnittää huomiota. Näkemyksiä asennuspaikan valinnasta on esitetty luvussa 6.4.

Moottoripyörälaskentaverkko on määritelty saman tyyppisellä tavalla, jolla alkuperäinen LAM-pisteverkko on muodostettu. Ehdotuksen muodostamisen kannalta oleellisena lähtötietona oli arvio moottoripyöräilyn ajoneuvosuoritteesta ja sen alueellisesta, sekä tieluokkakohtaisesta vaihtelusta. Eri lähteistä kerätyissä suoritearvioissa esiintyi paljon eroja, mutta toisaalta ne on laskettu osin eri lähtökohdista – osa vain päätieverkolle, osa sisälsi myös seutu- ja yhdystiet sekä katuverkolla tapahtuvan moottoripyöräilyn.

Muodostettu laskentapisteverkko ei ole laitemäärältään ehdoton, mutta alueellisia laitemääräsuhteita kannattanee noudattaa pääpiirteissään, sillä suuremman vaihtelun alueilla saman laskentatiedon laadun saavuttamisen on ajateltu vaativan suurempaa laskentapistemäärää. Nyrkkisääntönä voidaan mainita, että suuremmalla laskentapistemäärällä saavutetaan parempi arvio moottoripyöräilystä.

Työn lähtökohtana oli määrittää moottoripyörien laskentapisteverkko päätieverkolle, eli valta- ja kantateille. Tehtyjen tutkimusten perusteella suuri osa moottoripyöräilystä on kuitenkin vapaa-ajan ajelua. Herääkin kysymys siitä, kuinka suurelta osin esimerkiksi tällainen vapaa-ajan ajelu suuntautuu alemmalle tieverkolle. Näin ollen on tyydyttävä toteamaan, että päätieverkolla tapahtuva laskenta antaa arvokasta lisätietoa päätieverkon moottoripyöräilystä ja on siten hyvä alku, mutta seutu- ja yhdysteillä tapahtuva moottoripyöräily jää arvoitukseksi.

Työn teoriaosiossa käsiteltiin muita moottoripyörien havaitsemiseen kykeneviä laskentalaitteita. Luotettavia laatutarkasteluja löytyi kuitenkin hyvin vähän ja esimerkiksi ”magneettilaskimiin” perustuvat tutkimukset vaikuttivat hyvin kokeellisilta, eli ehdottoman hyvää DSL-6 -laitteen kilpailijaa ei tutkimuksissa tullut vastaan. Lupaavimpana pitäisin kenties Yhdysvaltalaisen tutkimuksen pietsosähköiseen anturiin perustuvaa laitteistoa, mutta senkään käyttökelpoisuudesta Suomen oloihin ei ole minkäänlaista tietoa.

Vaikka pienimuotoinen selvitys muista moottoripyöriä havaitsevista laskentalaitteista tehtiinkin, on syytä muistaa, ettei tämän diplomityön toimeksiannossa ollut määritetty löydettävän vaihtoehtoa DSL-6 -laitteelle. Eräänä tehtävänä oli kuitenkin muodostaa suositus DSL-6 -laitteiden tai ”muiden laskentatarkkuudeltaan parempien laskentalaitteiden” asennuskohteista. Näin ollen, mikäli DSL-6 -laitteen moottoripyörien havaitsemiskykyyn ei olla tyytyväisiä, voidaan laskentaverkko muodostaa jollakin tarkemmalla laitteella. Tässä yhteydessä on kuitenkin hyvä muistaa, että nykyinen LAM-pisteverkko tietojärjestelmiseen kaikkineen on kehitetty toimimaan yhdessä DSL -laitteiden kanssa, joten täysin uudenlaisen laitteen käyttöönottokustannuksia voi vain arvailla.

Työn teoriaosuudessa eräänä asiana nousi esiin uusien ja vanhojen DSL -laitteiden silmukoiden asennustapojen ero. Vanhan kokoisia silmukoita uuden DSL-6 -laitteen kanssa käytettäessä ongelmia ei ainakaan laatutarkasteluissa noussut esiin, mutta mikäli uusille perustettaville LAM-pisteille rakennetaan uuden ohjeistuksen mukaiset silmukat ja päätetään joskus siirtyä vanhempaan laitemalliin, saattaa ongelmia ilmentua.

Teoriaosaan on koottu myös tietoa alkuperäisen LAM-pisteverkon muodostamisesta. Eräänä esille nostettavana asiana mainittakoon myös luvusta 6.2 löytyvä kausivaihtelukäyrä, jonka perusteella saa visuaalisen havainnon siitä, kuinka moottoripyöräilymäärä Suomessa on vaikuttanut vaihtelevan vuonna 2017 aikana aivan alku- ja loppuvuotta lukuun ottamatta.

Lopuksi nostettakoon esiin vielä muutamia jatkotutkimusajatuksia, joita ei vielä ole yhteenvedossa esiin noussut. Moottoripyöräilymäärien ja paikallisten säätietojen yhdistäminen saattaisi syventää ymmärrystä moottoripyöräilyn luonteesta. Lisäksi LAM-pisteiden kanssa tekemisissä ollessani minulle on herännyt ajatus siitä, pitäisikö LAM-laitteille rakentaa jonkinlainen testipisteisiin tai videotarkasteluihin perustuva testausjärjestely, koska käsittääkseni tällä hetkellä sellaista ei ole olemassa. Testipisteen avulla saataisiin jo ennen varsinaista LAM-pisteiden rakentamista karsittua mahdolliset heikosti toimivat laiteyksilöt pois, tai mikäli tällainen järjestely koetaan turhan raskaaksi, voitaisiin videotarkastelujen avulla ainakin varmentaa uusien pisteiden toimivuus.

## LÄHTEET

Castillo, E., Grande, Z., Calviño, A., Szeto, W.Y., Lo H.K., (2015). A State-of-the-Art of the Sensor Location, Flow Observability, Estimation, and Prediction Problems in Traffic Networks, *Journal of Sensors*: Vol. 2015, Article ID 903563, Hindawi Publishing Corporation, 26 p.

CGI (2017). LAM-Raakadata lähdejärjestelmäksi –raportti. CGI, 25 s.

Cheung, S. Y., Coleri, S., Dundar, B., Ganesh, S., Tan, C-W., Varaiya, P. (2004) Traffic Measurement and Vehicle Classification with a Single Magnetic Sensor. California PATH Working Paper. 25 p.

Chu, L., Jeng, S-T., Jessberger, S., (2016). Improve Traffic Data Collection with Inductive Loop Signature Technology- diaesitys. 36 diaa.

Ehlert, A., Bell, M G.H., Grosso, S., (2005). The optimization of traffic count locations in road networks, *Transportation Research Part B* 40, Elsevier Ltd., pp. 460-479.

Euroopan komissio (2015). Komission direktiivi (EU) 2015/996 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2002/49/EY mukaisista melun arvioinnin yhteisistä menetelmistä. Euroopan unionin virallinen lehti L168. Saatavilla: (<http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2015/996/oj/fin/pdfa1a>). 823 s. (viitattu 1.3.2017)

Euroopan parlamentti ja neuvosto, (2002). Direktiivi 2002/49/EY ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta. Saatavilla: (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32002L0049>) (viitattu 1.3.2017).

Gentili, M., Mirchandani, P.B., (2012). Locating sensors on traffic networks: Models, challenges and research opportunities, *Transportation Research Part C* 24, Elsevier Ltd., pp. 227-255.

Heikkilä, T. Tilastollinen tutkimus, Edita Publishing Oy, Helsinki, 1998. 328 s.

Hu, S-R., Peeta, S., Chu, C-H., (2009). Identification of vehicle sensor locations for link-based network traffic applications, *Transportation Research Part B* 43, Elsevier Ltd., pp. 873-894.

Jokela, H. (2016a, julkaisuvuodesta ei varmuutta). Liikennelaskentalaite DSL-4, Insinööritoimisto Harri Jokela Oy, 32 s. Saatavilla: (<http://www.kolumbus.fi/harrijokela/dsl4.pdf>) (viitattu 29.3.2017).

Jokela, H., (2016b, julkaisuvuodesta ei varmuutta). Liikennelaskentalaite DSL-6, Insinööritoimisto Harri Jokela Oy, 22 s.

Jokela, H. (2017, julkaisuvuodesta ei varmuutta). Liikennelaskentalaite DSL-6 –lisätiedodokumentti, Insinööritoimisto Harri Jokela Oy, 1 s.

Kaewkamnerd, S., Chinrungrueng, J., Pongthornseri, R., Dumnin, S. (2010). Vehicle Classification Based on Magnetic Sensor Signal. Proceedings of the 2010 IEEE, International Conference on Information and Automation, June 20-23, Harbin, China. 5 p.

Kielinen, J., (2016a). Moottoripyöräily Suomessa, SMOTO MP-kysely 2016:n diaesitys, Suomen motoristit ry, 13 diaa.

Kielinen, J., (2016b). Suomalaisen motoristin profiili, SMOTO MP-kysely 2016:n diaesitys, Suomen motoristit ry, 8 diaa.

Kiiskilä, K., Tuominen J., Saastamoinen K., (2016). Liikenneviraston liikennelaskentajärjestelmä, Päivitetty järjestelmänkuvaus, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 36/2016, Liikennevirasto, 31 s. + liitteet. Saatavilla: ([http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts\\_2016-36\\_liikenneviraston\\_liikennelaskentajarjestelma\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2016-36_liikenneviraston_liikennelaskentajarjestelma_web.pdf)) (viitattu 21.12.2016).

Klein, L., Kelley, M., (1996). Detection Technology for IVHS, Volume 1: Final Report, Publication No. FHWA-RD-95-100, U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration, 182 p. Saatavilla: ([https://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/repts\\_te/6184.pdf](https://ntl.bts.gov/lib/jpodocs/repts_te/6184.pdf)) (viitattu 29.3.2017).

Laininen, P. Tilastollisen analyysin perusteet, Otatieto/ Gaudeamus, Helsinki University Press, 2000. 281 s.

Liikenneturva, (2017). Moottoripyöräilijöiden henkilövahingot tieliikenteessä –tilastokatsaus, Liikenneturva, 2 s. Saatavilla: ([https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus\\_moottoripyorailijoiden\\_henkilovahingoista.pdf](https://www.liikenneturva.fi/sites/default/files/materiaalit/Tutkittua/Tilastot/tilastokatsaukset/tilastokatsaus_moottoripyorailijoiden_henkilovahingoista.pdf)) (viitattu: 22.3.2017).

Liikennevakuutuskeskus, (2015). Moottoripyörä- ja moporaportti, Liikennevakuutuskeskus, Vakuutusyhtiöiden liikenneturvallisuustoimikunta VALT, 4 s. Saatavilla: (<http://www.lvk.fi/fi/tilastot-ja-raportit/onnettomuuksien-tutkinnan-raportit/>) (viitattu 20.3.2017)

Liikennevirasto, (2012). Liikenneviraston maanteiden ja rautateiden meluselvitys 2012, EU:n ympäristömeludirektiivin (2002/49/EY) mukainen meluselvitys. Saatavilla: ([http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lr\\_2012\\_maanteiden\\_rautateiden\\_meluselvitys\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lr_2012_maanteiden_rautateiden_meluselvitys_web.pdf)). (viitattu: 2.3.2017)

Liikennevirasto, (2017a, julkaisuvuodesta ei varmuutta). Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T, verkkosivu. Saatavilla: (<http://www.liikennevirasto.fi/liikennejarjestelma/ten-t#.WJwZf2e7qzk>) (viitattu 9.2.2017).

Liikennevirasto, (2017b). Tienumerokartat. Saatavilla: (<http://www.liikennevirasto.fi/kartat/tiekartat#.WSbjFGewemQ>) (viitattu 6.2.2017)

Lund Research Ltd, (2017). Laerd Statistics -internet-palvelu. Internet-sivusto: (<https://statistics.laerd.com/>) (viitattu: 15.3.2017)

Marsh Products, Inc., (2000). The Basics of Loop Vehicle Detection. Marsh products, Inc. Saatavilla: (<http://www.marshproducts.com/pdf/Inductive%20Loop%20Write%20up.pdf>) (viitattu: 23.3.2017)

Mattsson, M., Summala, H., (2008). Moottoripyöräilyn turvallisuus, Ajoneuvohallintokeskuksen tutkimuksia ja selvityksiä, Nro 10/2008, Ajoneuvohallintokeskus AKE, 149 s. Saatavilla: (<https://www.trafi.fi/filebank/a/1321969235/6ee8d89cc4526fcfa9fdc470242f4f58/1291-AKE1008Moottoripyorailynturvallisuus.pdf>) (viitattu: 20.3.2017).

Ng, M., (2012). Synergistic sensor location for link flow interference without path enumeration: A node-based approach, Transportation Research Part B 46, Elsevier Ltd., pp. 781-788.

Niska, A., Nilsson, A., Wiklund, M., Ahlström, P., Björketun, U., Söderström, L., Robertson, K., (2010). Metoder för skattning av gang- och cykeltrafik, Kartläggning och kvalitetsbedömning. VTI rapport 686. 134 s. Saatavilla: ([https://www.vti.se/sv/Publikationer/Publikation/metoder-for-skattning-av-gang--och-cykeltrafik\\_670563](https://www.vti.se/sv/Publikationer/Publikation/metoder-for-skattning-av-gang--och-cykeltrafik_670563)) (viitattu: 4.5.2017)

Overgaard, C. H., Nielsen, B. B., (2008). Evaluation of Vehicle Classification Using Inductive Signatures: Danish Case Study, TRB 87<sup>th</sup> Annual Meeting Compendium of Papers DVD, Transportation Research Board, DVD-julkaisu.

Peltola, H., Aittoniemi, E., (2008). Liikenteen ja muiden toimintojen turvallisuuden vertailu 2004-2006, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 38/2008, Liikenne- ja viestintäministeriö, 56 s. Verkkojulkaisu, ei ollut saatavilla 20.3.2017.

Q-Free company (2017). TDC Systems-liikennelaskentalaitteiden internet-sivusto. Internet-osoite (<http://www.tdcsystems.co.uk/solutions/traffic-counters-classifiers>) (viitattu 1.10.2017).

Refai, H., (2013). Accurate Vehicle Classification Including Motorcycles using Piezoelectric Sensors. Oklahoma Transportation Center, 2013. 82 p.

Räty, P., (2008). Liikenteen muutoksen estimointi tieverkolle sijoitetun otospistejoukon avulla. s. 26-30.

Räty, P., (2017). Asiantuntijahaastattelu, aiheena alkuperäisen LAM-verkon muodostaminen. Haastateltu 20.1.2017.

Saastamoinen, K. (2003). LAM-oikeellisuustarkastelu, loppuraportti. 23 s., ei julkaistu virallisesti.

Saastamoinen, K., (2011). Radar preliminary testing in Finland, Fase II, arbetspakke 2, NorSIKT-projektin raportti, 19 s. Lisänä laatutarkastelujen tulokset.

Saastamoinen, K., Kiiskilä, K., (2012). Suomen laitetestit – mikroaaltolaskimet, loppuraportti, Fase II, arbetspakke 6, NorSIKT-projektin raportti, 44 s.

Saastamoinen, K., (2017a). LAM faulty –analyysi. Riksroad Oy. 8 s., ei julkaistu.

Saastamoinen, K., (2017b). Keskustelu, käyty 29.5.2017.

Taanila, A. (2017). Akin menetelmäblogi -internet-sivusto. Internet-osoite: (<https://tilastoapu.wordpress.com/>) (viitattu: 13.3.2017).

Tiehallinto, (2002). Alemman tieverkon LAM, Esiselvitys, Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 46/2001, Tiehallinto, 18 s. + liitteet. Saatavilla: ([http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/4000311\\_alemman\\_tieverkon.pdf](http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/4000311_alemman_tieverkon.pdf)) (viitattu: 21.12.2016).

Toivonen, K. (2016). LOTJU –diaesitys. Kaakkois-Suomen ELY-keskus, 2016.

Trafi, (2016a). Ajoneuvokanta-taulukot, tilanne 31.12.2016. Saatavilla: ([https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokantatilastot\\_ajoneuvolajeittain](https://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne/ajoneuvokanta/ajoneuvokantatilastot_ajoneuvolajeittain)) (taulukko ladattu 13.1.2017)

VTT, (2016). LIPASTO-päästömalli, kunnittaiset päästöt 2015. Päivitetty 17.6.2016. (saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/kunnat.htm>) (taulukko ladattu 13.1.2017)

VTT, (2017, julkaisuvuosi ei tiedossa). LIPASTO-päästömallin LIISA-alamallin järjestelmäkuvaus, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 7 s. Saatavilla: ([http://lipasto.vtt.fi/liisa/liisa\\_menetelma.pdf](http://lipasto.vtt.fi/liisa/liisa_menetelma.pdf)) (viitattu 20.3.2017).

WSP Finland Oy, (2011, tarkka julkaisuvuosi ei tiedossa), Valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus 2010-2011 –aineisto. Saatavilla rajoitetusti.

Yleinen liikennelaskenta, (2013). Sisäinen muistio. Saatavilla rajoitetusti.

## LIITE A: VIRHEMÄÄRÄTARKASTELUJEN JA -ANALYYSIEN SPSS-TULOSTEET

Laskentalaitteisiin liittyvien analyysien SPSS-tulosteet:

### Pairwise Comparisons of Laitemalli



Each node shows the sample average rank of Laitemalli.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
DSL-6-DSL-5	160,540	68,448	2,345	,019	,114
DSL-6-DSL-4	225,696	45,750	4,933	,000	,000
DSL-6-DSL-3	279,540	52,044	5,371	,000	,000
DSL-5-DSL-4	65,156	51,756	1,259	,208	1,000
DSL-5-DSL-3	119,000	57,395	2,073	,038	,229
DSL-4-DSL-3	53,844	26,498	2,032	,042	,253

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.

### Kruskal-Wallis Test

#### Ranks

	Laitemalli	N	Mean Rank
Faulty_osuus	DSL-3	28	291,43
	DSL-4	426	237,58
	DSL-5	7	172,43
	DSL-6	9	11,89
	Total	470	

### Test Statistics<sup>a,b</sup>

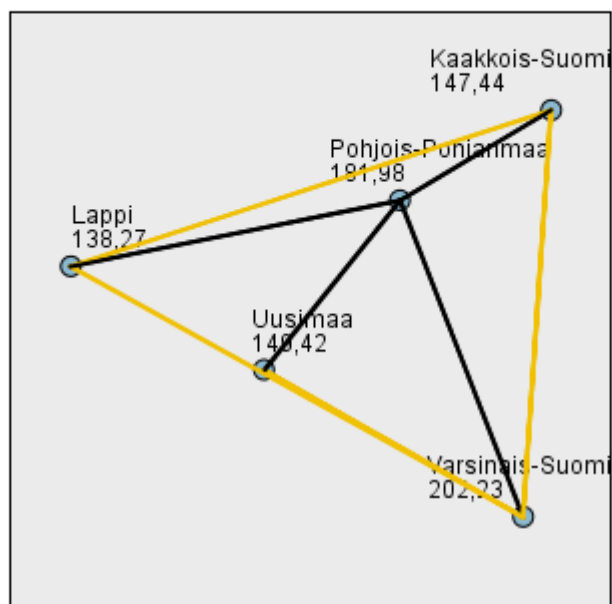
Faulty_osuus	
Chi-Square	30,752
df	3
Asymp. Sig.	0,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Laitemalli

ELY-keskuksiin liittyvien analyysien SPSS-tulosteet:

### Pairwise Comparisons of ELYkeskus



Each node shows the sample average rank of ELYkeskus.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
Lanni.Kaakkois.Suomi	9,173	17,540	,523	,601	1,000
Lanni.Uusimaa	11,154	15,638	,713	,476	1,000
Lanni.Pohjois.Pohjanmaa	43,717	17,889	2,443	,015	,145
Lanni.Varsinais.Suomi	63,961	19,642	3,256	,001	,011
Kaakkois.Suomi.Pohjois-	1,981	14,631	,135	,892	1,000
Kaakkois.Suomi.Varsinais.Suomi	-34,540	17,016	-2,030	,042	,424
Uusimaa.Pohjois.Pohjanmaa	-32,558	15,048	-2,164	,030	,305
Uusimaa.Varsinais.Suomi	-52,807	17,095	-3,089	,002	,020
Pohjois-Pohjanmaa.Varsinais-	20,249	19,176	1,056	,291	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same.

Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05.

Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.

### Kruskal-Wallis Test

#### Ranks

	ELYkeskus	N	Mean Rank
--	-----------	---	-----------



Faulty_osuus	Uusimaa	112	149,42
	Varsinais-Suomi	39	202,23
	Kaakkois-Suomi	61	147,44
	Pohjois-Pohjanmaa	56	181,98
	Lappi	50	138,27
	Total	318	

### Test Statistics<sup>a,b</sup>

	Faulty_osuus
Chi-Square	16,832
df	4
Asymp. Sig.	0,002

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: ELYkeskus

DSL-4 -laitteen versioiden välinen Mann-Whitney U-testi:

### Mann-Whitney Test

		Ranks		
	Lyyppi	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Faulty_osuus	"normaali"	292	231,35	67 554,00
	RJ-45-liitäntäinen asema	134	174,60	23 397,00
	Total	426		

### Test Statistics<sup>a</sup>

	Faulty_osuus
Mann-Whitney U	14 352,000
Wilcoxon W	23 397,000
Z	-4,417
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,000

a. Grouping Variable: Lyyppi

## LIITE B: MOOTTORIPYÖRÄLASKENTAVERKON EHDOTUKSEN HOMOGEENISET VÄLIT

Faulty-arvon perusteella korjattavaksi ehdotettavat LAM-pisteet lihavoituina ja kursivoituina.

	ELY	tienro	aosa	aet	losa	let	pi- tuus	kvl	kkvl	ol. MPkkvl	Onko jo LAM
1	2 Varsinais-Suomi	1	34	0	35	0	1730	23165	23398	322	238
2	1 Uusimaa	2	23	1437	23	3897	2460	5810	6790	93	0
3	1 Uusimaa	1	3	0	4	0	3812	32428	31054	427	117/103
4	1 Uusimaa	1	4	0	5	0	3389	68589	66860	919	144
5	1 Uusimaa	1	7	0	8	0	7229	40586	43178	594	191
6	1 Uusimaa	1	9	0	10	0	4581	25184	27830	383	104
7	1 Uusimaa	1	12	0	13	0	3129	17453	20242	278	0
8	2 Varsinais-Suomi	1	22	0	24	0	10105	12024	14121	194	<b>248</b>
9	1 Uusimaa	3	101	5450	102	0	3332	50242	48783	671	165
10	1 Uusimaa	3	103	1920	104	0	5548	45934	51619	710	137/5
11	1 Uusimaa	3	104	0	106	0	11597	33553	37706	518	5
12	1 Uusimaa	3	106	0	108	0	12688	27547	29657	408	108
13	1 Uusimaa	3	110	0	111	0	7303	28558	32541	447	429
14	1 Uusimaa	3	115	0	116	0	7670	26262	29583	407	0
15	1 Uusimaa	3	118	0	120	0	12299	18905	21018	289	0
16	4 Pirkanmaa	3	121	2730	122	0	6092	16184	18360	252	0
17	4 Pirkanmaa	3	134	0	135	0	6360	41490	42306	582	<b>401</b>
18	4 Pirkanmaa	3	136	2535	137	0	5205	41797	43953	604	0
19	4 Pirkanmaa	3	138	0	138	2800	2800	41503	43592	599	462
20	4 Pirkanmaa	3	204	5250	206	2126	10551	10947	12190	168	0
21	4 Pirkanmaa	3	215	11389	217	0	1652	6673	8227	113	0
22	10 Etelä-Pohjanmaa	3	250	3584	250	5689	2105	18110	18119	249	1030
23	1 Uusimaa	4	103	0	103	2202	2202	73800	74892	1030	0
24	1 Uusimaa	4	106	0	107	0	4914	42937	44803	616	0
25	1 Uusimaa	4	109	0	112	0	16622	24859	29107	400	110/ <b>998</b>
26	1 Uusimaa	4	112	0	116	0	19332	24953	30186	415	<b>142</b> /999
27	1 Uusimaa	4	118	0	120	0	9147	23649	28880	397	424
28	1 Uusimaa	4	206	0	208	0	10294	19454	26629	366	0
29	9 Keski-Suomi	4	307	0	308	0	6142	12199	14928	205	0
30	9 Keski-Suomi	4	319	0	319	1441	1441	7180	9131	126	0
31	9 Keski-Suomi	4	322	0	324	0	10090	4397	5706	78	<b>925</b>
32	12 Pohjois-Pohjanmaa	4	352	0	356	0	19201	4560	5695	78	<b>1221</b>
33	12 Pohjois-Pohjanmaa	4	417	0	417	3504	3504	7662	9473	130	0
34	14 Lappi	4	421	0	423	0	8619	8667	10285	141	0
35	14 Lappi	4	429	0	434	0	19588	3273	3828	53	0
36	14 Lappi	4	437	0	438	4977	9444	3438	4020	55	0
37	14 Lappi	4	554	1535	559	3870	33649	1132	2085	29	0
38	8 Pohjois-Savo	5	116	0	117	0	10103	7623	10805	149	630
39	8 Pohjois-Savo	5	129	721	129	1725	1004	22892	25867	356	0
40	8 Pohjois-Savo	5	136	2923	139	0	6000	6000	7018	96	0
41	8 Pohjois-Savo	5	144	0	146	0	6814	8004	9656	133	631

42	8 Pohjois-Savo	5	159	2630	160	0	2731	37352	39124	538	<b>832</b>
43	8 Pohjois-Savo	5	208	0	209	0	6350	6934	7632	105	0
44	8 Pohjois-Savo	5	213	2210	216	4694	15541	7370	8474	116	0
45	8 Pohjois-Savo	5	217	2375	218	0	5435	6785	7793	107	826
46	12 Pohjois-Pohjanmaa	5	232	0	234	0	10645	4517	5296	73	1322
47	12 Pohjois-Pohjanmaa	5	235	0	235	2137	2137	7179	8572	118	0
48	12 Pohjois-Pohjanmaa	5	307	0	307	2119	2119	3226	3852	53	0
49	1 Uusimaa	6	116	0	120	0	18685	6394	7424	102	111
50	3 Kaakkois-Suomi	6	206	0	208	0	13744	5273	6435	88	<b>587</b>
51	3 Kaakkois-Suomi	6	211	0	212	4292	10313	8857	10261	141	0
52	3 Kaakkois-Suomi	6	304	0	305	0	6444	15420	16954	233	<b>534</b>
53	8 Pohjois-Savo	6	410	0	412	0	13054	1977	2536	35	0
54	12 Pohjois-Pohjanmaa	6	425	0	429	0	20351	1033	1395	19	0
55	1 Uusimaa	7	7	0	8	380	6710	28566	31052	427	<b>112</b>
56	1 Uusimaa	7	12	0	14	0	8892	16846	19497	268	185
57	1 Uusimaa	7	20	0	21	0	9138	7812	9358	129	189
58	3 Kaakkois-Suomi	7	30	960	31	0	1575	19358	24342	335	0
59	2 Varsinais-Suomi	8	103	2230	105	0	7865	16886	17748	244	0
60	2 Varsinais-Suomi	8	111	3700	112	0	4120	7028	7758	107	0
61	2 Varsinais-Suomi	8	120	0	121	0	6912	10936	11721	161	223
62	2 Varsinais-Suomi	8	121	0	124	2370	19199	6614	7089	97	0
63	2 Varsinais-Suomi	8	202	0	203	0	4306	13120	15078	207	<b>207</b>
64	2 Varsinais-Suomi	8	205	0	210	0	25554	3680	4932	68	0
65	10 Etelä-Pohjanmaa	8	303	0	303	2540	2540	9411	10276	141	1066
66	12 Pohjois-Pohjanmaa	8	421	0	423	0	9534	3272	4155	57	0
67	2 Varsinais-Suomi	9	101	3963	103	0	4967	20472	22641	311	0
68	2 Varsinais-Suomi	9	110	0	113	0	13360	5718	6914	95	0
69	2 Varsinais-Suomi	9	114	3705	117	5598	17027	4512	5420	75	0
70	4 Pirkanmaa	9	120	3157	121	8590	12612	5625	6669	92	0
71	4 Pirkanmaa	9	208	0	210	0	15409	11499	13973	192	404
72	9 Keski-Suomi	9	227	2366	229	0	7835	8435	10382	143	927
73	9 Keski-Suomi	9	233	0	233	4109	4109	12482	15287	210	0
74	9 Keski-Suomi	9	235	6201	235	7668	1467	32174	34163	470	0
75	1 Uusimaa	10	28	3160	30	0	9405	6794	8107	111	405
76	4 Pirkanmaa	11	4	0	4	5132	5132	8516	9711	133	406
77	4 Pirkanmaa	12	201	1750	202	500	2878	21640	22187	305	<b>458</b>
78	4 Pirkanmaa	12	206	0	206	4979	4979	7145	8499	117	0
79	1 Uusimaa	12	210	0	211	0	6975	3509	3789	52	0
80	1 Uusimaa	12	218	3483	220	5965	13842	6620	7616	105	407
81	1 Uusimaa	12	222	0	223	0	5924	21684	22167	305	446
82	1 Uusimaa	12	224	10005	224	16965	6960	6927	8302	114	0
83	3 Kaakkois-Suomi	12	228	0	229	0	6545	6859	7983	110	502
84	10 Etelä-Pohjanmaa	13	107	0	109	533	8792	3547	3940	54	1041
85	9 Keski-Suomi	13	201	0	202	0	6425	2961	3716	51	0
86	8 Pohjois-Savo	13	218	0	218	1720	1720	6426	6782	93	0
87	8 Pohjois-Savo	13	222	0	224	0	12880	5555	6577	90	<b>604</b>
88	3 Kaakkois-Suomi	15	14	0	16	0	8682	2404	3334	46	527
89	10 Etelä-Pohjanmaa	16	13	1680	16	0	7629	3205	3698	51	0
90	10 Etelä-Pohjanmaa	16	20	0	21	0	1944	2563	3030	42	<b>1027</b>
91	9 Keski-Suomi	16	27	0	29	2303	12608	1336	1857	26	0

92	10 Etelä-Pohjanmaa	18	8	0	10	0	13408	8410	8914	123	1032
93	10 Etelä-Pohjanmaa	19	9	1462	12	0	15968	10538	11544	159	1007
94	10 Etelä-Pohjanmaa	19	16	1480	18	0	8427	5891	7143	98	0
95	12 Pohjois-Pohjanmaa	20	4	0	4	2917	2917	14094	14278	196	1223
96	12 Pohjois-Pohjanmaa	20	9	0	14	0	30247	3414	4039	56	0
97	12 Pohjois-Pohjanmaa	20	31	0	33	700	12325	1582	2153	30	0
98	14 Lappi	21	144	5887	153	3154	50770	501	1112	15	0
99	12 Pohjois-Pohjanmaa	22	13	0	14	0	3888	2925	3565	49	0
100	8 Pohjois-Savo	23	302	0	306	0	19785	2087	2609	36	0
101	8 Pohjois-Savo	23	405	0	406	4936	9351	2806	3564	49	0
102	1 Uusimaa	24	4	0	4	9264	9264	7392	8994	124	430
103	1 Uusimaa	25	9	0	12	0	9558	10228	11879	163	124
104	1 Uusimaa	25	14	1668	16	6685	10233	4996	5855	80	0
105	3 Kaakkois-Suomi	26	3	0	4	0	1830	4379	5304	73	0
106	12 Pohjois-Pohjanmaa	27	9	4879	10	0	3581	3357	3716	51	0
107	8 Pohjois-Savo	27	27	0	29	0	10038	3144	3560	49	0
108	2 Varsinais-Suomi	40	4	0	5	0	5154	32997	35248	720	<b>234</b>
109	2 Varsinais-Suomi	41	12	8551	16	0	12009	2957	3803	78	0
110	2 Varsinais-Suomi	43	6	0	8	0	11382	1766	2010	41	0
111	2 Varsinais-Suomi	43	16	0	16	1280	1280	4927	5328	109	0
112	2 Varsinais-Suomi	44	16	0	17	0	6188	3607	4733	97	0
113	1 Uusimaa	45	2	1695	3	0	5378	68931	65231	1333	131
114	1 Uusimaa	45	3	0	3	6167	6167	52055	49261	1006	0
115	3 Kaakkois-Suomi	46	8	0	10	7186	16400	1170	1499	31	0
116	1 Uusimaa	50	1	0	1	6622	6622	11311	11251	230	0
117	1 Uusimaa	50	1	6622	3	0	5364	23820	24341	497	125
118	1 Uusimaa	50	3	3990	4	1580	3120	42260	41872	855	183
119	1 Uusimaa	50	6	0	6	4650	4650	73736	72559	1482	128
120	1 Uusimaa	50	7	2810	8	0	3446	53954	55887	1142	160
121	1 Uusimaa	51	2	0	3	0	3114	62396	59195	1209	101
122	1 Uusimaa	51	7	0	8	0	5030	17084	18198	372	<b>143</b>
123	1 Uusimaa	51	8	0	9	0	5930	23375	24100	492	156
124	1 Uusimaa	51	12	0	14	0	10484	6977	8564	175	134
125	1 Uusimaa	54	8	0	10	0	10031	6783	7703	157	0
126	1 Uusimaa	54	13	2979	14	0	3639	6429	7210	147	408
127	1 Uusimaa	54	17	0	19	0	11572	4803	5269	108	0
128	1 Uusimaa	55	3	0	3	12723	12723	3881	3826	78	0
129	9 Keski-Suomi	58	37	4233	38	0	2522	1401	1744	36	0
130	9 Keski-Suomi	58	47	0	49	4603	12585	505	670	14	0
131	8 Pohjois-Savo	62	1	3537	5	0	18295	3358	4531	93	0
132	8 Pohjois-Savo	62	9	0	14	0	25074	947	1523	31	0
133	10 Etelä-Pohjanmaa	63	15	0	15	4978	4978	1650	2356	48	0
134	10 Etelä-Pohjanmaa	63	17	1664	19	2536	10087	2588	3246	66	1038
135	10 Etelä-Pohjanmaa	63	21	0	22	13920	17785	1726	2165	44	0
136	4 Pirkanmaa	65	1	0	1	660	660	40446	40475	827	456
137	4 Pirkanmaa	65	13	0	17	0	27343	1679	2668	55	0
138	4 Pirkanmaa	66	2	0	7	0	23401	1710	2389	49	0
139	10 Etelä-Pohjanmaa	66	20	0	22	0	12692	2873	4156	85	0
140	8 Pohjois-Savo	72	16	0	17	0	6652	2505	3041	62	0
141	8 Pohjois-Savo	73	1	0	2	0	2497	6125	6737	138	0

142	8 Pohjois-Savo	74	4	0	4	6431	6431	3462	3876	79	0
143	12 Pohjois-Pohjanmaa	78	101	0	101	1482	1482	3595	5124	105	0
144	14 Lappi	78	215	0	220	764	34079	1129	1556	32	<b>1425</b>
145	14 Lappi	79	31	3341	34	0	11134	3163	2688	55	1462
146	14 Lappi	83	4	0	10	0	25879	596	749	15	0
147	14 Lappi	83	15	0	15	5106	5106	1398	2035	42	0
148	12 Pohjois-Pohjanmaa	86	8	0	10	0	10593	3916	4449	91	0
149	12 Pohjois-Pohjanmaa	88	6	0	8	1533	14067	834	930	19	1233
150	12 Pohjois-Pohjanmaa	88	20	0	23	3593	19409	1080	1449	30	0